



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 195 10 564 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 03 F 1/00
G 03 F 1/08

②1 Aktenzeichen: 195 10 564.8
②2 Anmeldetag: 23. 3. 95
④3 Offenlegungstag: 26. 10. 95

DE 195 10 564 A 1

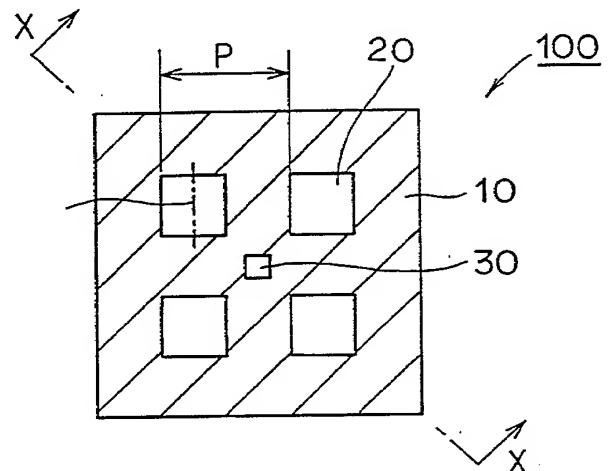
③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
05.04.94 JP 6-066934
⑦1 Anmelder:
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP
⑦4 Vertreter:
Prüfer und Kollegen, 81545 München

⑦2 Erfinder:
Miyazaki, Junji, Itami, Hyogo, JP; Nakae, Akihiro,
Itami, Hyogo, JP; Yoshioka, Noboyuki, Itami, Hyogo,
JP; Kozawa, Hidehiko, Itami, Hyogo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp und Herstellungsverfahren derselben

⑤7 Bei einer Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp und einem Verfahren zur Herstellung derselben ist in einem vorgeschriebenen Bereich auf einem Phasenverschiebungsabschnitt (10) nahe zu und um einen lichtdurchlassenden Abschnitt (20) ein Hilfsmuster (30) zur Steuerung eines Betrages des Belichtungslichtes auf einen diesem Bereich entsprechenden Abschnitt eines zu belichtenden Materials vorgesehen. Das Hilfsmuster (30) ermöglicht es, die Lichtintensität einer Seitenkeule auszulöschen, wodurch die Erzeugung eines Bereiches mit einer hohen Lichtintensität (einer Seitenkeule) in der Umgebung des lichtdurchlassenden Abschnittes der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp verhindert wird.



DE 195 10 564 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 08. 95 508 043/569

28/31

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp und ein Herstellungsverfahren derselben.

Insbesondere bezieht sie sich auf eine Struktur eines Musters, das auf einer Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp ausgebildet ist.

In der Vergangenheit wurden integrierte Halbleiterschaltungen hochgradig integriert und miniaturisiert. Dementsprechend hat sich die Miniaturisierung der auf einem Halbleitersubstrat ausgebildeten Schaltungsmuster sehr schnell entwickelt.

Die Photolithographie ist neben anderen eine weit verbreitete Grundtechnik zur Musterbildung eines Schaltungsmusters. Obwohl verschiedene Entwicklungen und Verbesserungen gemacht wurden, wird ein Schaltungsmuster mit einem sogar höheren Grad integriert, was in einer andauernd ansteigenden Nachfrage nach Verbesserungen bei der Auflösung eines Schaltungsmusters verursacht.

Im allgemeinen ist die Auflösungsgrenze $R(\text{nm})$ bei der Photolithographie, die ein Verkleinerungsbelichtungsverfahren verwendet, ausgedrückt durch

$$R = K_1 \cdot \lambda / (\text{NA}) \quad (1),$$

wobei λ eine Wellenlänge (nm) des verwendeten Lichts, NA die numerische Apertur einer Linse und K_1 eine Konstante, die von dem Resistverfahren (Verfahren zum Herstellen des Resistmusters zum Beispiel aus einem photoempfindlichen Lack) darstellt.

Wie aus Gleichung (1) zu ersehen ist, sollten die Werte von K_1 und λ kleiner und der Wert von NA größer gemacht werden, um die Auflösungsgrenze R zu verbessern. In anderen Worten, die von dem Resistverfahren abhängige Konstante sollte kleiner gemacht werden, wobei die Wellenlänge kürzer gemacht und NA erhöht wird. Es ist jedoch technisch schwierig, eine Lichtquelle oder eine Linse zu verbessern, und es gibt zum Beispiel das Problem, daß die Fokustiefe Δ von Licht ($\Delta = k_1 \cdot \lambda / (\text{NA})^2$) aufgrund einer kürzeren Wellenlänge und einem größeren NA kleiner wird, wodurch in der Praxis ein Abfall der Auflösung verursacht wird.

Es wird nun unter Bezugnahme auf Fig. 32 ein Querschnitt einer Photomaske, die Intensität bzw. Stärke der Amplitude von Belichtungslicht auf der Photomaske und die Lichtintensität des Belichtungslichtes auf einem Wafer, wenn die Photomaske verwendet wird, beschrieben.

Unter Bezug auf Fig. 32(a) wird die Querschnittsstruktur der Photomaske beschrieben. Ein Metallmaskenmuster 220, das aus einer Chromschicht oder ähnlichem ausgebildet ist, ist auf einem Quarzglassubstrat 210 ausgebildet. Wie in Fig. 32(b) gezeigt ist, entspricht die Intensität bzw. Stärke der Amplitude des Belichtungslichtes auf der Photomaske dem Photomaskenmuster. Wenn jedoch die Lichtintensität des Belichtungslichtes auf dem Wafer betrachtet wird, zeigt sich, daß die durch die Photomaske hindurchtretenden Strahlen des Belichtungslichtes sich gegenseitig (insbesondere in den eigentlich nicht zu belichtenden Abschnitten des Wafers) intensivieren, und das insbesondere, wenn ein feines Muster zu übertragen ist, was aufgrund von Beugung und Interferenz an benachbarten Musterbildern (d. h. Abschnitten des Musters) erfolgt, an denen sich Lichtstrahlen überlappen, wie das in Fig. 32(c) gezeigt ist. Als Folge gibt es nur eine kleine Differenz der Licht-

intensitäten der Strahlen auf dem Wafer, was in einer schlechten Auflösung resultiert.

Zur Lösung dieses Problems wurde ein Phasenverschiebungs-Belichtungsverfahren unter Benutzung einer Phasenverschiebungsmaske zum Beispiel in den japanischen Patentoffenlegungsschriften Nr. 57-62052 und 58-173744 vorgeschlagen.

Unter Bezugnahme auf Fig. 33 wird ein Phasenverschiebungs-Belichtungsverfahren unter Verwendung einer Phasenverschiebungsmaske, die in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 58-173744 offenbart ist, beschrieben. Fig. 33(a) ist eine Schnittansicht der Phasenverschiebungsmaske. Fig. 33(b) zeigt die Amplitude des Belichtungslichtes auf der Phasenverschiebungsmaske. Fig. 33(c) zeigt die Lichtintensität des Belichtungslichtes auf einem Wafer.

Wie in Fig. 33(a) gezeigt ist, weist eine Phasenverschiebungsmaske 300 einen Phasenverschieber 360, der aus einer transparenten isolierenden Schicht wie zum Beispiel einer Siliziumoxidschicht ausgebildet ist und an jeder anderen Öffnung, d. h. an jeder zweiten Öffnung eines Chrommaskenmusters 320, das auf einem Glassubstrat 310 ausgebildet ist, ausgebildet ist.

Wie in Fig. 33(b) gezeigt ist, sind die Amplitudenstärken auf der Photomaske (bzw. hinter der Photomaske) der Strahlen des Belichtungslichtes, die durch die Phasenverschiebungsmaske 300 hindurchtreten, alternierend um 180° invertiert, d. h. um 180° verschoben. Als ein Ergebnis werden in benachbarten Musterbildern die überlappenden Strahlen des Belichtungslichtes aufgrund der Interferenz des Lichtes gegeneinander ausgelöscht. Als Folge gibt es, wie in Fig. 33(c) gezeigt ist, eine ausreichende bzw. zufriedenstellende Differenz der Lichtintensitäten der Strahlen des Belichtungslichtes auf dem Wafer, wodurch die Auflösung des Musterbildes verbessert wird.

Obwohl die oben beschriebene Verschiebungsmaske sehr wirksam für ein periodisches Muster wie zum Beispiel eines aus Linien und Zwischenräumen ist, ist die Anordnung einer Phasenverschiebungsmaske für ein komplexes Muster extrem schwierig. Darum kann sie nicht für jeden Typ von Muster verwendet werden.

Zur Lösung des oben beschriebenen Problems wurde ein Belichtungsverfahren unter Verwendung einer Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungs- bzw. Abschwächungstyp zum Beispiel in "JJAP Series 5, Proceedings of 1991 International MicroProcess Conference, S. 3-9" und der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 4-136854 offenbart. Das Belichtungsverfahren unter Verwendung einer Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp, die in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 4-136854 offenbart ist, wird im folgenden beschrieben.

Fig. 34(a) ist eine Schnittansicht der oben erwähnten Phasenverschiebungsmaske 400 vom Dämpfungstyp. Fig. 34(b) zeigt die Intensität (Stärke) der Amplitude des Belichtungslichtes auf (bzw. hinter) der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp. Fig. 34(c) zeigt die Lichtintensität des Belichtungslichtes auf einem Wafer.

Wie in Fig. 34(a) gezeigt ist, weist eine Phasenverschiebungsmaske 400 ein Quarzsubstrat 410 zur Übertragung von Belichtungslicht, einen lichtdurchlassenden Abschnitt 430, der auf einer Hauptoberfläche des Quarzsubstrates 410 zum Freigeben bzw. -lassen der Hauptoberfläche des Quarzsubstrates 410 ausgebildet ist, und einen Phasenverschiebungsabschnitt 420 zum Konvertieren bzw. Verändern der Phase des Belichtungslichtes, das durch diesen hindurchläuft, um 180°

bezüglich derjenigen des Belichtungslichtes, das durch den lichtdurchlassenden Abschnitt 430 läuft, auf.

Der Phasenverschiebungsabschnitt 420 weist eine zweischichtige Struktur, die aus einer Chromschicht 420a mit einer Durchlässigkeit von 5–20% bezüglich derjenigen des lichtdurchlassenden Abschnittes 430 und einer Verschiebungsschicht 420b, die die Phase des Belichtungslichtes, das durch diese hindurchläuft, um 180° bezüglich derjenigen des Belichtungslichtes, das durch den lichtdurchlassenden Abschnitt 430 läuft, konvertiert bzw. verschiebt, besteht, auf.

Die Stärke der Amplitude des Belichtungslichtes, das durch die Phasenverschiebungsmaske 400 mit der oben beschriebenen Struktur hindurchtritt, ist direkt hinter der Photomaske, wie in Fig. 34(b) gezeigt ist. Da die Phase des Belichtungslichtes an einer Kante des Belichtungsmusters invertiert ist, ist die Lichtintensität auf dem Wafer an der Kante des Belichtungsmusters immer 0, wie in Fig. 34(c) gezeigt ist. Als ein Ergebnis wird eine ausreichende bzw. zufriedenstellende Differenz zwischen den Lichtintensitäten der Strahlen des Belichtungslichtes, die durch einen lichtdurchlassenden Abschnitt 430 und einen Phasenverschiebungsabschnitt 420 des Belichtungsmusters hindurchtreten, erreicht, wodurch die Auflösung eines Musterbildes verbessert wird.

Die oben beschriebene Phasenverschiebungsmaske des Dämpfungstyps weist jedoch die folgenden Probleme auf.

Fig. 35 ist eine Draufsicht auf eine Phasenverschiebungsmaske 400 des Dämpfungstyps, die in Fig. 34(a) gezeigt ist. Ein lichtdurchlassender Abschnitt 430 ist $0,45\text{ }\mu\text{m}$ □ (Quadrat mit Seitenlängen $0,45\text{ }\mu\text{m}$) und ein Abstand (P) zwischen solchen ist $0,9\text{ }\mu\text{m}$.

Die Lichtintensität in Richtung der X-Achse eines lichtdurchlassenden Abschnittes 430 wird unter Bezugnahme auf Fig. 36 beschrieben. Die in Fig. 36 dargestellten Daten entsprechen einer durch eine Belichtungsvorrichtung durchgeführten Lithographie mit den folgenden Bedingungen:

$\text{NA} = 0,57$, $\sigma = 0,4$, Wellenlänge des Belichtungslichtes = i-Linie (365 nm), Phasendifferenz durch den Phasenverschiebungsabschnitt 420 = 180°.

Die Figur zeigt Beispiele, in denen die Durchlässigkeit des Phasenverschiebungsabschnittes 420 gleich 0%, 5%, 10% und 15% ist.

Wie aus der Figur zu erkennen ist, wird mit größerer Durchlässigkeit des Phasenverschiebungsabschnittes 420 die Breite W eines Bildmusters (PA) schmaler und das Bildmuster wird klarer.

Jedoch erscheint mit ansteigender Durchlässigkeit ein Abschnitt (A), in dem die Lichtintensität hoch ist (im folgenden als Seitenkeule bezeichnet), benachbart zum Bildmuster (PA). Die Seitenkeule (A) wird durch Überlappung von Beugungslicht erster Ordnung des Musterbildes (PA) und Belichtungslicht, das durch den Phasenverschiebungsabschnitt 420 in einem Bereich, in dem das Beugungslicht erster Ordnung lokalisiert ist, hindurchtritt, ausgebildet. Das Beugungslicht erster Ordnung des Musterbildes weist eine Phasendifferenz von 180° bezüglich des Belichtungslichtes des Musterbildes (PA), auf.

Als nächstes werden die Lichtintensitäten und Amplitudenstärken des Belichtungslichtes an einem Querschnitt, der entlang der Linie Y-Y der Phasenverschiebungsmaske 400 des Dämpfungstyps, die in Fig. 35 gezeigt ist, genommen ist, unter Bezugnahme auf die Fig. 37 bis 39 erläutert.

Fig. 37 zeigt nur die Amplitude des Belichtungslichtes, das durch den lichtdurchlassenden Abschnitt 430 in dem Y-Y Querschnitt hindurchtritt. In der Figur zeigen die Pfeile A₁ und B₁ die Amplituden des Beugungslichtes erster Ordnung. Die Höhe der Amplitude, die durch den Pfeil B₁ bezeichnet ist, ist größer, da sie in einem Bereich liegt, in dem sich durch den Pfeil A₁ bezeichnete Amplituden überlappen.

Fig. 38 zeigt die Amplitude von nur dem Belichtungslicht, das durch den Phasenverschiebungsabschnitt 420 in dem Y-Y Querschnitt hindurchtritt.

Fig. 39 zeigt die Lichtintensität des Belichtungslichtes, wenn die Amplituden des Belichtungslichtes, die in den Fig. 37 und 38 gezeigt sind, kombiniert werden. Wie aus der Figur zu sehen ist, wird eine große Seitenkeule B an eine Überschneidung der Erstreckung von diagonalen Linien der lichtdurchlassenden Abschnitte 430 ausgebildet. Das ist die Lichtintensität in einem Abschnitt, in dem zwei Seitenkeulen A, die durch die Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp 400, die in Fig. 35 gezeigt ist, erzeugt werden, sich überlappen.

Als nächstes wird unter Bezugnahme auf die Fig. 40 bis 42 die Beschreibung der Belichtung einer Resist-schicht unter Verwendung der Phasenverschiebungsmaske 400 vom Dämpfungstyp, die das oben beschriebene Belichtungslicht liefert, gegeben.

Wie in Fig. 40 gezeigt ist, ist eine positive Resist-schicht 460 (positiv wirkende Resist-schicht, die zum Beispiel aus einem Photolack ausgebildet ist) auf einem Substrat 450 ausgebildet. Die positive Resist-schicht 460 wird unter Verwendung der Phasenverschiebungsmaske 400 vom Dämpfungstyp mit Licht belichtet.

Wie in Fig. 41 gezeigt ist, wird die positive Resist-schicht 460 entwickelt. In der Resist-schicht 460 ist zusätzlich zu einem Muster 430A, das dem lichtdurchlassenden Abschnitt 430 entspricht, ein Seitenkeulenmuster 430B in einer Position ausgebildet, das einem Abschnitt der Seitenkeule B entspricht, wodurch die Dicke der Resist-schicht 460 vermindert ist.

Wie in Fig. 42 gezeigt ist, wird falls das Substrat 450 unter Verwendung der Resist-schicht 460 mit der verminderten Dicke geätzt wird, der entsprechende Abschnitt des Substrates 450 unerwünschterweise geätzt. Fig. 43 ist eine Draufsicht auf das Substrat, das in einer solchen Art und Weise geätzt wurde, wobei ein unerwünschtes Muster 464, das der Seitenkeule entspricht, zwischen den ursprünglich beabsichtigten Mustern 462 vorhanden ist.

Das oben beschriebene Problem wird beobachtet, wenn jede Seite des lichtdurchlassenden Abschnittes 430 gleich $0,45\text{ }\mu\text{m}$ ist. Wenn der lichtdurchlassende Abschnitt 430 so schmal wie $0,45\text{ }\mu\text{m}$ □, überlappen Strahlen des Beugungslichtes erster Ordnung, die das oben beschriebene Problem verursachen, falls mehrere bzw. viele lichtdurchlassende Abschnitte 430 angeordnet sind. Falls jedoch jede Seite des lichtdurchlassenden Abschnittes 430 $1\text{ }\mu\text{m}$ übersteigt, dann gibt selbst ein lichtdurchlassender Abschnitt Anlaß zu dem oben erwähnten Problem.

Zum Beispiel ist die Lichtintensität des Beugungslichtes erster Ordnung ungefähr 12%, wenn die Mustergröße auf der Maske gleich $2,0\text{ }\mu\text{m}$ □ ist, während die Lichtintensität des Beugungslichtes erster Ordnung eine Höhe von 15% erreicht, wenn die Maskenmustergröße so groß wie $5,0\text{ }\mu\text{m}$ □ ist. Ein größeres Maskenmuster weist eine größere Lichtintensität des Beugungslichtes erster Ordnung auf. Kombiniert mit der Lichtintensität des Belichtungslichtes, das durch den Phasenverschiebungs-

abschnitt übertragen wird bzw. durch diesen hindurchtritt, steigt die Lichtintensität auf ungefähr 30% an, und dieses alleine belichtet die Resistschicht.

Als ein Beispiel wird eine Markierung zur Messung eines Ausrichtungsfehlers (Kasten-im-Kasten-Typ) unter Bezugnahme auf die Fig. 45 und 46 beschrieben.

Eine Markierung vom Kasten-im-Kasten-Typ zur Messung eines Ausrichtungsfehlers weist einen quadratischen Öffnungsabschnitt 505 von $15\ \mu\text{m}$ (Kantenlänge $15\ \mu\text{m}$), der in einer ersten Schicht 500 ausgebildet ist, und ein quadratisches Muster 510 von $5\ \mu\text{m}$, der aus einer zweiten Schicht in dem Öffnungsabschnitt 505 ausgebildet ist, auf.

Falls das quadratische Muster 510 genau im Zentrum des Öffnungsabschnittes 505 ausgebildet ist, dann ist $X_1 = X_2$ und $Y_1 = Y_2$, und daher gibt es keine Abweichung zwischen der ersten und der zweiten Schicht. Falls jedoch $X_1 \neq X_2$ und $Y_1 \neq Y_2$ ist, werden Abweichungen in der X- und Y-Richtung von $\Delta x = (X_1 - X_2)/2$, $\Delta y = (Y_1 - Y_2)/2$ gemessen und derart wird der Fehler in der Ausrichtung zwischen der ersten und der zweiten Schicht bestimmt.

Wie in Fig. 47 gezeigt ist, weist eine Phasenverschiebungsmaske 600 vom Dämpfungstyp, die zum Mustern eines Öffnungsabschnittes 505 in einer ersten Schicht 500 verwendet wird, einen Phasenverschiebungsabschnitt 610 und einen lichtdurchlassenden Abschnitt 620 auf einem Substrat auf. Jede Seite des lichtdurchlassenden Abschnittes 620 beträgt ungefähr $75\ \mu\text{m}$.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 48 bis 50 werden die Lichtintensität und die Amplituden des durchgelassenen Belichtungslichtes entlang eines Querschnittes, der entlang der Linie 5-5 der Phasenverschiebungsmaske 600 vom Dämpfungstyp genommen ist, im folgenden beschrieben.

In Fig. 48 ist die Amplitude des Belichtungslichtes, das von dem lichtdurchlassenden Abschnitt 620 durchgelassen wird, gezeigt. Ein großes Bild B_2 , das von Beugungslicht erster Ordnung gebildet wird, ist an der Seite des Bildmusters A_2 sichtbar. Fig. 49 zeigt die Amplitude des Belichtungslichtes, das durch den Phasenverschiebungsabschnitt 610 hindurchgetreten ist. Die Lichtintensität ist, wenn die Strahlen des Belichtungslichtes aus den Fig. 48 und 49, die durch den lichtdurchlassenden Abschnitt 620 und den Phasenverschiebungsabschnitt 610 hindurchgetreten sind, kombiniert werden, wie in Fig. 50 gezeigt, wobei eine Seitenkeule B_3 mit einer Lichtintensität von ungefähr 30 bis 40% unerwünschterweise an der Seite des Bildmusters A_3 ausgebildet ist.

Als nächstes wird die Ausbildung des Öffnungsabschnittes 505 in der ersten Schicht 500 unter Verwendung der Phasenverschiebungsmaske 600 vom Dämpfungstyp beschrieben.

Wie in Fig. 51 gezeigt ist, ist eine erste Schicht 500 auf einem Halbleitersubstrat 630 ausgebildet und eine Resistschicht 650 ist auf der ersten Schicht 500 ausgebildet. Die Resistschicht 650 wird mit Licht unter Verwendung der Phasenverschiebungsmaske 600 vom Dämpfungstyp belichtet.

Wie in Fig. 52 gezeigt ist, wird die Resistschicht 650 entwickelt und die erste Schicht 500 wird unter Verwendung der Resistschicht 650 gemustert. Jedoch wird zu diesem Zeitpunkt, wie in Fig. 53 gezeigt ist, ein unerwünschter Graben 515 an der Seite des Öffnungsabschnittes 505 aufgrund der Lichtintensität der Seitenkeule B_3 , die in Fig. 50 gezeigt ist, gebildet. Wie in Fig. 54 gezeigt ist, wird der unerwünschte Graben 515 beinahe überall um den Öffnungsabschnitt 505 herum

ausgebildet, was in einer nicht korrekten Erkennung einer Kante des Öffnungsabschnittes 505 resultiert. Als ein Ergebnis kann die Messung des Ausrichtungsfehlers nicht korrekt durchgeführt werden.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp und ein Verfahren zur Herstellung derselben anzugeben, wobei die Maske ein Muster aufweist, das die Erzeugung einer Seitenkeule verhindert, die andernfalls in der Umgebung eines Musterbildes durch Belichtungslicht, das durch die Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp hindurchtritt, erzeugt würde.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Phasenverschiebungsmaske nach Anspruch 1 und ein Verfahren zur Herstellung nach Anspruch 6.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp entsprechend einer Ausführungsform weist einen ersten lichtdurchlassenden Abschnitt, der in einer vorgeschriebenen Anordnung auf dem Photomaskensubstrat zur Steuerung der Durchlässigkeit und zur Steuerung der Phase von durch diesen hindurchtretendem Belichtungslicht ausgebildet ist, und einen zweiten lichtdurchlassenden Abschnitt, der den ersten lichtdurchlassenden Abschnitt umgibt, zum Freilegen einer Oberfläche des Photomaskensubstrates auf. Die Maske weist außerdem ein Hilfsmuster, das in einem vorgeschriebenen Bereich des ersten lichtdurchlassenden Abschnittes nahe des zweiten lichtdurchlassenden Abschnittes ausgebildet ist, zur Steuerung des auf einen dem vorgeschriebenen Bereich entsprechenden Bereich eines zu belichtenden Materials auftreffenden Betrages des Belichtungslichtes auf.

Das Hilfsmuster ist bevorzugterweise derart in dem ersten lichtdurchlassenden Abschnitt ausgebildet, das es den zweiten lichtdurchlassenden Abschnitt nahezu umschließt.

Bevorzugterweise weist der zweite lichtdurchlassende Abschnitt eine nahezu viereckige bzw. quadratische Fläche auf. Eine Mehrzahl der zweiten lichtdurchlassenden Abschnitte ist in einer Matrix auf dem Photomaskensubstrat angeordnet, und das Hilfsmuster ist nahe eines Schnittpunktes der verlängerten Diagonalen der zweiten lichtdurchlassenden Abschnitte vorgesehen.

Das Hilfsmuster weist bevorzugterweise einen lichtdurchlassenden Abschnitt (Hilfsabschnitt) auf, der eine kleinere das Photomaskensubstrat freilegende Fläche als die entsprechende das Photomaskensubstrat freilegende Fläche des zweiten lichtdurchlassenden Abschnittes aufweist.

Das Hilfsmuster weist bevorzugterweise ein Lichtabschirmmuster auf, das kleiner als die Fläche zum Freilegen des Photomaskensubstrates des zweiten lichtdurchlassenden Abschnittes ist.

Mit der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp nach den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann die Lichtintensität einer Seitenkeule, die durch die Kombination bzw. Überlagerung von Beugungslicht erster Ordnung des durch den zweiten lichtdurchlassenden Abschnitt hindurchtretenden Belichtungslichtes und von durch den ersten lichtdurchlassenden Abschnitt hindurchtretendem Belichtungslicht erzeugt wird, mit der Lichtintensität von durch das Hilfsmuster hindurchtretendem Belichtungslicht ausgelöscht werden. Darum kann eine unerwünschte Belichtung einer Resistschicht aufgrund der Lichtintensität der Seitenkeule verhindert werden, wodurch die Ausbil-

dung eines unnötigen bzw. unerwünschten Musters auf eine Halbleitervorrichtung vermieden wird.

In einer Ausführungsform wird die Lichtintensität einer Seitenkeule, die in der Umgebung des zweiten lichtdurchlassenden Abschnittes erzeugt wird, durch die Lichtintensität von Belichtungslicht, das durch das Hilfsmuster hindurchtritt, ausgelöscht.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Lichtintensität einer Seitenkeule, die an einem Schnittpunkt der verlängerten Diagonalen der zweiten lichtdurchlassenden Abschnitte erzeugt wird, durch die Lichtintensität von Belichtungslicht, das durch das Hilfsmuster hindurchtritt, ausgelöscht.

Das Hilfsmuster kann in einer bevorzugten Ausführungsform durch denselben Herstellungsverfahrensablauf wie für den ersten lichtdurchlassenden Abschnitt hergestellt werden, und darum kann derselbe Herstellungsverfahrensablauf wie bei der in der Beschreibungseinführung beschriebenen Technik verwendet werden.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird ein Lichtabschirmmuster zuvor in einem Bereich, in dem eine Seitenkeule erzeugt werden wird, ausgebildet, um die Lichtintensität in diesem Bereich zu reduzieren. Als ein Ergebnis kann die Lichtintensität einer Seitenkeule, die in der Umgebung des zweiten lichtdurchlassenden Abschnittes erzeugt wird, reduziert werden, wodurch die Erzeugung der Seitenkeule verhindert wird.

Ein Verfahren zur Herstellung einer Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die folgenden Schritte auf.

Zuerst wird eine Phasenverschiebungsschicht vom Dämpfungstyp auf einem Photomaskensubstrat zur Steuerung der Durchlässigkeit und zur Steuerung der Phase von durch diese hindurchtretendem Belichtungslicht ausgebildet. Eine Resistschicht zur Belichtung mit einem Elektronenstrahl wird dann auf der Phasenverschiebungsschicht vom Dämpfungstyp ausgebildet.

Ein Elektronenstrahl wird auf die Elektronenstrahl-Resistschicht zum Zeichnen bzw. Einprägen durch Strahlung der drei folgenden Muster gerichtet:

ein erstes Muster zur Ausbildung eines ersten lichtdurchlassenden Abschnittes, der aus dem ausgebildet ist, was von der Phasenverschiebungsschicht vom Dämpfungstyp verbleibt,

ein zweites Muster zur Ausbildung eines zweiten lichtdurchlassenden Abschnittes, der das Photomaskensubstrat freilegt, und

ein drittes Muster zur Ausbildung eines Hilfsmusters, das in einem vorgeschriebenen Bereich des ersten lichtdurchlassenden Abschnittes nahe des zweiten lichtdurchlassenden Abschnittes zur Steuerung des auf einen dem vorgeschriebenen Bereich entsprechenden Bereich eines zu belichtenden Materiales auftreffenden Betrags von Belichtungslicht ausgebildet ist. Die Elektronenstrahl-Resistschicht wird dann entwickelt.

Die Phasenverschiebungsschicht vom Dämpfungstyp wird unter Verwendung der entwickelten Elektronenstrahl-Resistschicht als Maske zur Ausbilden des ersten lichtdurchlassenden Abschnittes, der aus der Phasenverschiebungsschicht vom Dämpfungstyp ausgebildet ist, des zweiten lichtdurchlassenden Abschnittes, der das Photomaskensubstrat freilegt, und des dritten lichtdurchlassenden Abschnittes gemustert.

Nach einer Ausführungsform weist der Schritt zum Zeichnen bzw. Einprägen des zweiten und des dritten Musters den Schritt des Richtens von mehr Elektronenstrahlen auf das zweite Muster als auf das dritte Muster

auf.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform weist der Schritt des Zeichnens bzw. Einprägens des dritten Musters den Schritt auf, daß ein Elektronenstrahl auf eine größere Fläche gerichtet wird, als durch den Entwurf beabsichtigt ist.

Das Hilfsmuster weist bevorzugterweise einen lichtdurchlassenden Hilfsabschnitt mit einer Fläche zum Freilegen des Photomaskensubstrates, die kleiner als die entsprechende des zweiten lichtdurchlassenden Abschnittes ist, auf. Als ein Ergebnis kann das Hilfsmuster durch denselben Herstellungsverfahrensablauf wie der erste lichtdurchlassende Abschnitt ausgebildet werden, wodurch die Verwendung desselben Herstellungsverfahrensablaufes wie bei der in der Beschreibungseinführung beschriebenen Technik ermöglicht wird.

Nach einer Ausführungsform weist das Hilfsmuster bevorzugterweise ein Lichtabschirmmuster mit einer kleineren Fläche zum Freilegen des Photomaskensubstrates als die des zweiten lichtdurchlassenden Abschnittes auf. Als ein Ergebnis wird das Lichtabschirmmuster zuvor in einem Bereich ausgebildet, in dem eine Seitenkeule ausgebildet wird, um die Lichtintensität in diesem Bereich zu reduzieren. Als Folge kann die Lichtintensität einer Seitenkeule, die in der Umgebung des ersten lichtdurchlassenden Abschnittes erzeugt wird, reduziert werden, wodurch die Erzeugung der Seitenkeule verhindert wird.

Mit dem Herstellungsverfahren einer Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp entsprechend den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann die Lichtintensität einer Seitenkeule, die durch die Überlagerung der Lichtintensität von Beugungslicht erster Ordnung des durch den zweiten lichtdurchlassenden Abschnittes hindurchtretenden Belichtungslichtes und von Lichtintensität des durch den ersten lichtdurchlassenden Abschnitt hindurchtretenden Belichtungslichtes erzeugt wird, mit der Lichtintensität von Belichtungslicht, das durch das Hilfsmuster hindurchtritt, ausgelöscht werden. Darum kann die Belichtung einer Resistschicht durch die Lichtintensität einer Seitenkeule verhindert werden, wodurch die Ausbildung eines unnötigen bzw. unerwünschten Musters auf einer Halbleitervorrichtung vermieden wird.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform können mit demselben Verfahrensablauf zum Zeichnen eines Musters zwei Typen von Öffnungen mit unterschiedlichen Größen leicht ausgebildet werden. Darum können das zweite und das dritte Muster ohne irgendwelche zusätzlichen Herstellungsverfahrensabläufe ausgebildet werden.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform kann eine Reduzierung der Größe des dritten Musters verhindert werden, die aus einer mangelnden Belichtung bzw. Bestrahlung aufgrund des Naheffektes, der in dem Umgebungsbereich des dritten Musters beim Richten von Elektronenstrahlen erzeugt würde, resultieren würde, verhindert werden, so daß das dritte Muster wie entworfen ausgebildet werden kann.

Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren.

Von den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht auf eine Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp entsprechend einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine Schnittansicht, die entlang der Linie X-X in Fig. 1 genommen ist;

Fig. 3 und 4 die Amplitude von Belichtungslicht genommen entlang der Linie X-X in Fig. 1;

Fig. 5 die Lichtintensität von Belichtungslicht genommen entlang der Linie X-X in Fig. 1;

Fig. 6 bis 8 Belichtungsschritte unter Verwendung der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp entsprechend der ersten Ausführungsform;

Fig. 9 die Beziehung zwischen der Lichtintensität und der Größe eine Hilfsmusters;

Fig. 10 bis 12 Draufsichten, die andere Muster der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp entsprechend der ersten Ausführungsform zeigen;

Fig. 13 bis 16 Schnittansichten, die Schritte zur Herstellung der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp entsprechend der ersten Ausführungsform zeigen;

Fig. 17 eine Draufsicht auf eine Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp entsprechend einer zweiten Ausführungsform;

Fig. 18 eine Schnittansicht, die entlang der Linie Y-Y in Fig. 17 genommen ist;

Fig. 19 und 20 Amplituden von Belichtungslicht genommen entlang der Linie Y-Y in Fig. 17;

Fig. 21 die Lichtintensität von Belichtungslicht genommen entlang der Linie Y-Y in Fig. 17;

Fig. 22 bis 24 Belichtungsschritte unter Verwendung der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp entsprechend der zweiten Ausführungsform;

Fig. 25 bis 29 Draufsichten, die andere Muster der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp entsprechend der zweiten Ausführungsform zeigen;

Fig. 30 eine Draufsicht auf eine Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp entsprechend einer dritten Ausführungsform;

Fig. 31 eine Schnittansicht, die entlang der Linie X-X in Fig. 30 genommen ist;

Fig. 32 eine Photomaske, wobei (a) eine Schnittansicht der Struktur der Photomaske ist, (b) die Amplitude des Belichtungslichtes auf der Photomaske zeigt und (c) die Intensität des Belichtungslichtes auf einem Wafer zeigt;

Fig. 33 eine Phasenverschiebungsmaske, wobei (a) eine Schnittansicht der Struktur der Phasenverschiebungsmaske, (b) die Amplitude auf der Phasenverschiebungsmaske und (c) die Intensität des Belichtungslichtes auf einem Wafer zeigen;

Fig. 34 zeigt eine Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp, wobei (a) eine Schnittansicht der Struktur der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp, (b) die Amplitude des Belichtungslichtes auf der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp und (c) die Lichtintensität des Belichtungslichtes auf einem Wafer zeigen;

Fig. 35 eine Draufsicht auf die Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp, die in Fig. 34(a) gezeigt ist;

Fig. 36 die Lichtintensität des Belichtungslichtes genommen entlang der X-X Achse, die in Fig. 35 gezeigt ist;

Fig. 37 und 38 Amplituden von Belichtungslicht genommen entlang der Linie Y-Y in Fig. 35;

Fig. 39 die Lichtintensität von Belichtungslicht genommen entlang der Linie Y-Y in Fig. 35;

Fig. 40 bis 42 Belichtungsschritte unter Verwendung einer Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp;

Fig. 43 eine Draufsicht, die ein durch die Belichtungsschritte unter Verwendung der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp ausgebildetes Muster zeigt;

Fig. 44 eine Beziehung zwischen der Lichtintensität

und der Mustergröße einer Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp;

Fig. 45 eine Draufsicht, die ein Markierungsmuster zum Messen eines Ausrichtungsfehlers bei einem Kasten-im-Kasten-Verfahren zeigt;

Fig. 46 eine Schnittansicht, die entlang der Linie V-V in Fig. 45 genommen ist;

Fig. 47 eine Draufsicht, die eine Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp zur Ausbildung eines Musters zum Messen eines Ausrichtungsfehlers zeigt;

Fig. 48 und 49 Amplituden von Belichtungslicht genommen entlang der Linie S-S in Fig. 47;

Fig. 50 die Lichtintensität von Belichtungslicht genommen entlang der Linie S-S in Fig. 47;

Fig. 51 bis 53 Belichtungsschritte unter Verwendung einer zweiten Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp; und

Fig. 54 eine Draufsicht, die ein mit einem Resistmuster, das unter Verwendung der zweiten Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp ausgebildet wird, verbundenes Problem zeigt.

Es wird nun eine Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben.

Wie in den Fig. 1 und 2 gezeigt ist, weist eine Phasenverschiebungsmaske 100 vom Dämpfungstyp einen Phasenverschiebungsabschnitt 10, der auf einem transparenten Substrat 40, das aus Quarz oder ähnlichem ausgebildet ist, zur Steuerung der Durchlässigkeit und der Phase des durch diesen hindurchtretenden Belichtungslichtes ausgebildet ist, und einen lichtdurchlassenden Abschnitt 20, der das transparente Substrat 40 freiläßt bzw. -gibt, auf.

Der Phasenverschiebungsabschnitt 10 ist eine einschichtige Schicht, die aus einer Art von Material ausgebildet ist, die aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Chromoxid, Chromnitridoxid, Chromnitridkarbidoxid, einem Oxid von Molybdänsilizid und Molybdänsilazidnitriddioxid besteht. Durch Verwendung einer solchen Schicht kann die Durchlässigkeit für das Belichtungslicht, das durch den Phasenverschiebungsabschnitt hindurchläuft, auf 5—20% gebracht und die Phase desselben um 180° gewandelt bzw. verschoben werden.

Vier lichtdurchlässige Abschnitte 20 sind in einer Matrix angeordnet und jeder weist eine quadratische Fläche auf. Nahe eines Kreuzungspunktes der verlängerten Diagonalen der lichtdurchlässigen Abschnitte 20 ist ein Hilfsmuster 30 vorgesehen, das eine Öffnung mit einer vorgeschriebenen Größe aufweist und das transparente Substrat 40 freiläßt bzw. -gibt.

Unter Bezugnahme auf den Fall, in dem eine Phasenverschiebungsmaske 100 vom Dämpfungstyp verwendet wird, werden die Amplitude und die Lichtintensität des Belichtungslichtes an einem Querschnitt, der entlang einer Linie X-X genommen ist, im folgenden beschrieben.

Fig. 3 zeigt entlang eines Querschnittes, der entlang der Linie X-X genommen ist, die Amplitude des Belichtungslichtes, das durch den lichtdurchlässigen Abschnitt 20 und das Hilfsmuster 30 hindurchtritt. Das Beugungslicht erster Ordnung, das in der Figur durch die Pfeile A₁ und B₁ bezeichnet ist, wird vergleichbar zu dem Fall, der in Fig. 37 gezeigt ist, erzeugt. In einem Bereich, in dem Beugungslicht B₁ erster Ordnung vorhanden ist, erscheint die Amplitude C₁ des durch das Hilfsmuster 30 hindurchgetretenen Belichtungslichtes, die eine Phasendifferenz von 180° aufweist.

Fig. 4 zeigt die Amplitude des durch den Phasenverschiebungsabschnitt 10 in einem Querschnitt, der entlang der Linie X-X genommen ist, hindurchtretenden Belichtungslichtes. Fig. 4 zeigt die Lichtintensität, wenn die Amplituden des Belichtungslichtes, die in Fig. 3 und 4 gezeigt sind, kombiniert werden.

Wie aus der Figur zu erkennen ist, heben sich, da die Amplitude C_1 des Belichtungslichtes, das durch das Hilfsmuster durchgelassen wird, in der Phase um 180° unterschiedlich von der Amplitude B_1 des Beugungslichtes erster Ordnung, das in Fig. 3 gezeigt ist, ist, die Lichtintensitäten gegeneinander auf. Darum wird eine sogenannte Seitenkeule, wie sie in Fig. 39 gezeigt und bei der in der Beschreibungseinleitung beschriebenen Technik ausgebildet wird, bei der in Fig. 5 gezeigten Lichtintensität nicht ausgebildet.

Als nächstes wird die Belichtung einer Resistschicht unter Verwendung einer Phasenverschiebungsmaske 100 vom Dämpfungstyp, die ein solches Belichtungslicht, das oben beschrieben wurde, liefert, unter Bezugnahme auf die Fig. 6 bis 8 beschrieben.

Wie in Fig. 6 gezeigt ist, wird eine positive Resistschicht 60 (positiv wirkende Resistschicht, die zum Beispiel aus einem Photolack ausgebildet ist) auf einem Halbleitersubstrat 50 ausgebildet. Die positive Resistschicht 60 wird mit Licht unter Verwendung der oben beschriebenen Phasenverschiebungsmaske 100 vom Dämpfungstyp belichtet.

Wie in Fig. 7 gezeigt ist, wird die positive Resistschicht 60 entwickelt. Zu diesem Zeitpunkt wird anders als bei der in der Beschreibungseinleitung beschriebenen Technik kein Bereich, der einer Seitenkeule entspricht, wie er in Fig. 39 gezeigt ist, auf bzw. in der Resistschicht 60 belichtet, und nur der Bereich, der dem Muster des lichtdurchlassenden Abschnittes 20 entspricht, wird entwickelt. Darum kann unter Verwendung der Resistschicht 60 ein Muster mit einer vorgeschriebenen Gestalt in einem vorgeschriebenen Bereich des Halbleitersubstrates 50 ausgebildet werden, wie in Fig. 8 gezeigt ist.

Als nächstes wird die Beziehung zwischen den Größen einer Öffnung des lichtdurchlassenden Abschnittes 20 und eines Hilfsmusters 30, die in Fig. 1 gezeigt sind, im folgenden beschrieben.

Bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform ist der lichtdurchlassende Abschnitt 20 mit $0,45 \mu\text{m}$ ausgebildet und der Abstand (P) des lichtdurchlassenden Abschnittes 20 (zum Beispiel von linker Kante und linker Kante oder zum Beispiel von oberer Kante zu oberer Kante in der Figur) ist mit $0,9 \mu\text{m}$ gewählt.

Unter Bezugnahme auf Fig. 9 wird die Lichtintensität der Phasenverschiebungsmaske 100 vom Dämpfungstyp in einem Bereich des Hilfsmusters 30 bezüglich der Fälle beschrieben, in denen das Hilfsmuster mit $0,08 \mu\text{m}$, $0,10 \mu\text{m}$, $0,12 \mu\text{m}$, $0,15 \mu\text{m}$, $0,20 \mu\text{m}$, $0,30 \mu\text{m}$ ausgebildet ist. In Fig. 9 zeigt die Abszisse die X-Achse aus Fig. 1 und die Ordinate zeigt die Lichtintensität.

Wie aus der Figur zu ersehen ist, nimmt die Lichtintensität ab sowie das Hilfsmuster 30 größer wird. Es kann aus der Figur entnommen werden, daß die Lichtintensität der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp an dem Ort des Hilfsmusters 30 durch Vorsehen des Hilfsmusters 30 mit $0,30 \mu\text{m}$ reduziert werden kann.

Jedoch kann mit dieser Abnahme der Lichtintensität auch die Lichtintensität am lichtdurchlassenden Abschnitt 20 vermindert werden. Darum ist das Hilfsmu-

ster 30 mit $0,15 \mu\text{m}$ das am meisten zu bevorzugende, da ungefähr 10% oder weniger ein befriedigender Wert für die Lichtintensität in einem Bereich des Hilfsmusters 30 ist.

Die in Fig. 9 gezeigten Daten wurden unter den Umständen erhalten, bei denen NA gleich 0,57, σ gleich 0,4 und die Wellenlänge des Belichtungslichtes die i-Linie (365 nm) ist. Jedoch kann ein zu dem in Fig. 9 gezeigten Ergebnis vergleichbares Ergebnis unter irgendwelchen Umständen erhalten werden, indem die Größe des Hilfsmusters 30 bezüglich des lichtdurchlassenden Abschnittes 20 optimiert wird.

Obwohl Fig. 1 den Fall zeigt, indem nur ein Hilfsmuster 30 vorgesehen ist, ist die vorliegende Erfindung nicht darauf begrenzt. Falls eine Mehrzahl von lichtdurchlassenden Abschnitten 20 in einer Matrix angeordnet ist, kann eine ähnliche bzw. dieselbe Wirkung durch Anordnen eines Hilfsmusters 30 nahe einer Überschneidung der verlängerten Diagonalen der lichtdurchlässigen Abschnitte erhalten werden, wie in den Fig. 10 und 11 gezeigt ist. Das Hilfsmuster 30 kann außerdem abhängig von den Abständen zwischen den lichtdurchlässigen Abschnitten 20, die in Fig. 10 gezeigt sind, an einem solchen Ort, wie er in Fig. 12 gezeigt ist, angeordnet werden.

Als nächstes wird ein Verfahren zur Herstellung der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp, die in Fig. 1 gezeigt ist, unter Bezugnahme auf die Fig. 13 bis 16 beschrieben. Wie in Fig. 13 gezeigt ist, wird eine Phasenverschiebungsschicht 10 mit einer Dicke von 100 nm bis 300 nm auf einem transparenten Substrat 40, das aus Quarz oder ähnlichem ausgebildet ist, abgeschieden. Die Phasenverschiebungsschicht 10 kann als eine zweischichtige Schicht, die aus einer Chromschicht und einer Siliziumoxidschicht besteht, wie in der Beschreibungseinleitung beschrieben worden ist, ausgebildet sein, oder sie kann als eine Einzelschicht ausgebildet sein, die aus einer Art von Material ausgebildet ist, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Chromoxid, Chromnitridoxid, Chromnitridkarbidoxid, einem Oxid von Molybdänsilizid und Molybdänsilazidnitriddioxid besteht. Es wird von der Phasenverschiebungsschicht gefordert, daß sie die Fähigkeit zum Umwandeln bzw. Verschieben der Phase des durchgelassenen Belichtungslichtes um 180° und 5–20% Durchlässigkeit für das Belichtungslicht aufweist.

Auf der Phasenverschiebungsschicht 10 wird eine Resistschicht 70 für einen Elektronenstrahl (ZEP-810S (eingetragenes Warenzeichen), hergestellt durch Nippon Zeon Co. Ltd.) oder ähnliches mit einer Dicke von ungefähr 500 nm ausgebildet.

Wie in Fig. 14 gezeigt ist, wird ein Elektronenstrahl zur Belichtung auf die Elektronenstrahl-Resistschicht 70, die danach entwickelt wird, gerichtet. Zu diesem Zeitpunkt können Bereiche der Schicht 70, die dem lichtdurchlassenden Abschnitt und dem Hilfsmuster entsprechen, trotz ihrer unterschiedlichen Größe leicht durch Richten verschiedener Beträge eines Elektronenstrahls auf diese ausgebildet werden. Während des Zeichnens bzw. Ausbildens des dem Hilfsmuster entsprechenden Bereiches kann der Betrag des Elektronenstrahls in der Umgebung dieses Bereiches aufgrund des "Proximity-Effekts" des Strahles nicht ausreichend sein. Um ein solches Problem zu vermeiden, werden die Belichtungsdaten für den Elektronenstrahl im voraus dimensionsmäßig vorgespannt (+0,1, +0,3). Als ein Ergebnis kann der Umgebungsabschnitt des Bereiches wie entworfen zur Ausbildung eines Musters gezogen bzw.

ausgebildet werden.

Wie in Fig. 15 gezeigt ist, wird die Phasenverschiebungsmaske 10 unter Verwendung der entwickelten Resistsschicht 70 als Maske geätzt. Das Ätzen wird unter Verwendung einer Hochfrequenz-Ionenätzvorrichtung mit parallelen Platten mit einem Abstand zwischen Elektroden substraten von 60 mm, einem Reaktionsgas aus $\text{CF}_4 + \text{O}_2$ bei einer Flußrate von 95 sccm bzw. 5 sccm unter einem Betriebsdruck von 0,4 mbar (0,3 Torr) für ungefähr 11 Minuten ausgeführt.

Wie in Fig. 16 gezeigt ist, kann die Phasenverschiebungsmaske 100 vom Dämpfungstyp durch Entfernen der Resistsschicht 70 ausgebildet werden.

Wie oben beschrieben worden ist, kann entsprechend der ersten Ausführungsform die Lichtintensität einer Seitenkeule, die durch die Kombination bzw. Überlagerung der Lichtintensität von Beugungslicht erster Ordnung, das durch den ersten lichtdurchlassenden Abschnitt hindurchtretendem Belichtungslicht gebildet wird, und der Lichtintensität von durch den Phasenverschiebungsabschnitt 10 hindurchtretendem Belichtungslicht erzeugt wird, mit der Lichtintensität von Belichtungslicht, das durch das Hilfsmuster hindurchtritt, gelöscht bzw. ausgelöscht werden. Darum kann ein Problem der in der Beschreibungseinleitung beschriebenen Technik, das heißt die Belichtung einer Resistsschicht durch die Lichtintensität einer Seitenkeule, vermieden werden.

Darüber hinaus ist bei der vorliegenden Ausführungsform das Hilfsmuster nahe eines Schnittpunktes der Verlängerung der Diagonalen der lichtdurchlassenden Abschnitte ausgebildet. Dieses ermöglicht die Auslöschung der Lichtintensität einer Seitenkeule, die nahe eines Schnittpunktes der Ausdehnung bzw. der Verlängerung der Diagonalen der lichtdurchlassenden Abschnitte erzeugt wird, mit der Lichtintensität des Belichtungslichtes, das durch das Hilfsmuster hindurchtritt. Obwohl das Hilfsmuster als ein Viereck dargestellt ist, kann es ebenso als ein Kreis oder Vieleck wie zum Beispiel ein Dreieck ausgebildet sein, um denselben bzw. einen ähnlichen Effekt zu erhalten.

Nun wird eine zweite Ausführungsform der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp unter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben.

Wie in den Fig. 17 und 18 gezeigt ist, ist eine Phasenverschiebungsmaske 110 vom Dämpfungstyp entsprechend der zweiten Ausführungsform eine Photomaske zur Ausbildung eines Kasten-im-Kasten-Typ Musters, das zur Messung eines Ausrichtungsfehlers verwendet wird. Das in den Fig. 51 bis 54 gezeigte Problem kann durch diese Maske gelöst werden.

Wie in den Fig. 17 und 18 gezeigt ist, weist eine Phasenverschiebungsmaske 110 vom Dämpfungstyp eine Phasenverschiebungsschicht 22, die auf einem transparenten Substrat 40, das aus Quarz oder ähnlichem besteht, ausgebildet ist, auf. Die Phasenverschiebungsmaske 22 ist aus demselben Material wie bei der ersten Ausführungsform ausgebildet. Die Maske weist außerdem einen lichtdurchlassenden Abschnitt 32 mit einer quadratischen Öffnung von ungefähr $75 \mu\text{m}$ zum Freigeben des transparenten Substrates 40 auf. In einem vorgeschriebenen Bereich der Phasenverschiebungsschicht 22 nahe der Umgebung des lichtdurchlassenden Abschnittes 32 ist ein Hilfsmuster 12 mit einer Breite von ungefähr $0,1 - 0,2 \mu\text{m}$, das das Quarzsubstrat 40 freigibt bzw. -legt, ausgebildet. Wenn die i-Linie (364 nm) zur Belichtung verwendet wird, sollte das Hilfsmuster 12 in einem Abstand von $0,5 - 4,0 \mu\text{m}$ von der Kante des

lichtdurchlassenden Abschnittes 32 angeordnet sein.

Die Lichtintensität und die Amplitude des durchgelassenen bzw. transmittierten Belichtungslichtes an einem Querschnitt, der entlang einer Linie Y-Y der Phasenverschiebungsmaske 110 vom Dämpfungstyp genommen ist, wird unter Bezugnahme auf die Fig. 19 bis 21 beschrieben.

Fig. 19 zeigt die Amplitude des durch den lichtdurchlassenden Abschnitt 32 hindurchtretenden Lichtes. Eine Seitenkeule B_2 von Beugungslicht erster Ordnung, das eine hohe Lichtintensität aufweist, wird an der Seite eines Musterbildes A_2 erzeugt. Fig. 20 zeigt die Amplituden von Strahlen des Belichtungslichtes, die durch den Phasenverschiebungsabschnitt 22 und das Hilfsmuster 12 hindurchtreten bzw. -laufen, wobei B_5 die Amplitude von Belichtungslicht, das durch den Phasenverschiebungsabschnitt 22 läuft, und B_4 die Amplitude von Belichtungslicht, das durch das Hilfsmuster 12 läuft, bezeichnet.

Die Lichtintensität, die aus der Kombination der Amplituden der in den Fig. 19 und 20 gezeigten Strahlen des Belichtungslichtes resultiert, ist in Fig. 21 gezeigt. Die Amplitude B_2 der Seitenkeule, die in Fig. 19 gezeigt ist, kann mit der Amplitude B_4 des Hilfsmusters, die in Fig. 20 gezeigt ist, ausgelöscht werden. Als ein Ergebnis kann die Lichtintensität B_3 der in Fig. 50 gezeigten Seitenkeule, die bei der in der Beschreibungseinleitung beschriebenen Technik ein Problem gewesen ist, reduziert werden.

Es wird nun eine Beschreibung der Ausbildung der Öffnung 505 in der ersten Schicht 500, die in Fig. 45 gezeigt ist, unter Verwendung der Phasenverschiebungsmaske 110 vom Dämpfungstyp gegeben.

Wie in Fig. 22 gezeigt ist, ist eine erste Schicht 500 auf einem Halbleitersubstrat 520 ausgebildet, und eine Resistsschicht 60 ist auf der ersten Schicht 500 ausgebildet. Die Resistsschicht 60 wird bei der vorliegenden Ausführungsform mit Licht unter Verwendung der Phasenverschiebungsmaske 110 vom Dämpfungstyp belichtet.

Wie in Fig. 23 gezeigt ist, wird die Resistsschicht 60 entwickelt. Dabei wird nur das Muster, das dem lichtdurchlassenden Abschnitt 32 entspricht, dem Licht ausgesetzt bzw. belichtet, da bei der vorliegenden Ausführungsform die Lichtintensität, die von der Erzeugung der in Fig. 52 gezeigten Seitenkeule bei der in der Beschreibungseinleitung beschriebenen Technik resultiert, nicht existiert bzw. keine Auswirkung hat.

Wie in Fig. 24 gezeigt ist, wird die erste Schicht 500 unter Verwendung der Resistsschicht 60 als Maske, die hinterher entfernt wird, gemustert. Die erste Schicht 500 mit der Öffnung 505 in einer gewünschten Gestalt kann derart ausgebildet werden.

Obwohl die Phasenverschiebungsmaske 110 vom Dämpfungstyp, die in Fig. 17 gezeigt ist, vier Hilfsmuster 12, die den vier Seiten des lichtdurchlassenden Abschnittes 32 benachbart sind, aufweist, können ebenfalls andere Konfigurationen verwendet werden. Zum Beispiel kann auch eine Phasenverschiebungsmaske 120 vom Dämpfungstyp, die in Fig. 25 gezeigt ist, verwendet werden, wobei bei dieser ein rahmenförmiges Hilfsmuster 13 den lichtdurchlassenden Abschnitt 33 umgebend vorgesehen ist. Eine in Fig. 26 gezeigte Phasenverschiebungsmaske 130 vom Dämpfungstyp, bei der eine Mehrzahl von Hilfsmustern 14 in einem vorbestimmten Abstand einen lichtdurchlassenden Abschnitt 34 umgebend vorgesehen sind, kann ebenfalls verwendet werden.

Darüber hinaus kann eine in Fig. 27 gezeigte Phasen-

verschiebungsmaske 140 vom Dämpfungstyp verwendet werden, bei der eine Mehrzahl von Hilfsmustern 15 in einer Matrix einen lichtdurchlassenden Abschnitt 35 umgebend vorgesehen sind. Außerdem kann eine in Fig. 28 gezeigte Phasenverschiebungsmaske 150 vom Dämpfungstyp verwendet werden, bei der ein kammförmiges Hilfsmuster 16 an dem Rand eines lichtdurchlassenden Abschnittes 36 angeordnet ist. Wie in Fig. 29 gezeigt ist, kann auch eine Phasenverschiebungsmaske 155 vom Dämpfungstyp verwendet werden, bei der Hilfsmuster 17 nur in einem Bereich nahe der vier Ecken eines lichtdurchlassenden Abschnittes 37 vorgesehen sind. Das ist so, da die Intensität einer Seitenkeule ihr Maximum nahe der vier Ecken des lichtdurchlassenden Abschnittes 37 erreichen kann.

Wie oben beschrieben worden ist, kann die Lichtintensität einer Seitenkeule, die nahe eines lichtdurchlassenden Abschnittes erzeugt wird, mit der Lichtintensität von Belichtungslicht, das durch ein Hilfsmuster transmittiert bzw. durchgelassen wird, ausgelöscht bzw. aufgehoben werden.

Es wird nun eine Struktur einer Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp entsprechend einer dritten Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Fig. 30 und 31 beschrieben.

Bei einer Phasenverschiebungsmaske 160 vom Dämpfungstyp ist, in der dritten Ausführungsform, ein Lichtabschirmmuster 38 zum Abschirmen der Transmission von Belichtungslicht in der Position vorgesehen, in der das Hilfsmuster 30 der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp bei der ersten Ausführungsform vorgesehen ist. Die Lichtintensität einer Seitenkeule kann auch durch vorheriges Vorsehen einer Lichtabschirmschicht, die aus Kohlenstoff oder ähnlichem ausgebildet ist, in einem Bereich, in dem die Lichtintensität der Seitenkeule erzeugt werden würde, verhindert werden, um die Lichtintensität in diesen Bereich zu reduzieren.

Auch bei der Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp der zweiten Ausführungsform kann ein ähnlicher Effekt durch Ersetzen des Hilfsmusters durch ein Lichtabschirmmuster in einer Position, in der das Hilfsmuster vorgesehen ist, erhalten werden.

Wie oben beschrieben worden ist, kann entsprechend der dritten Ausführungsform die Erzeugung einer Seitenkeule durch Ausbilden eines Lichtabschirmmusters in einem Bereich, in dem die Seitenkeule erzeugt werden würde, verhindert werden, um die Lichtintensität in dem Bereich zu reduzieren.

Obwohl der Bereich des Hilfsmusters das Halbleitersubstrat in allen der oben beschriebenen Ausführungsformen freilegt bzw. -gibt, können ähnliche bzw. vergleichbare Wirkungen einer Phasenverschiebungsschicht, die in diesem Bereich belassen wird, erhalten werden, falls die Durchlässigkeit des Hilfsmusters 50% oder weniger als die des lichtdurchlassenden Abschnittes ist.

Patentansprüche

1. Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp mit:
einem ersten lichtdurchlassenden Abschnitt (10, 22, 23, 24, 26, 27), der an einem vorgeschriebenen Ort auf einem Photomaskensubstrat (40) ausgebildet ist, zur Steuerung der Durchlässigkeit und der Phase von durch diesen hindurchtretendem Belichtungslicht, einem zweiten lichtdurchlassenden Ab-

schnitt (20, 32, 33, 34, 36, 37), der durch den ersten lichtdurchlassenden Abschnitt (10, 22, 23, 24, 26, 27) umgeben wird, zum Freilegen einer Oberfläche des Photomaskensubstrates (40), und einem Hilfsmuster (30, 12, 13, 15, 16, 17, 38), das in einem vorgeschriebenen Bereich auf dem ersten lichtdurchlassenden Abschnitt (10, 22, 23, 24, 26, 27) nahe dem und um den zweiten lichtdurchlassenden Abschnitt (20, 32, 33, 34, 36, 37) ausgebildet ist, zur Steuerung des Betrages von Belichtungslicht auf einen dem Bereich entsprechenden Abschnitt eines zu belichtenden Materials.

2. Phasenverschiebungsmaske nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Hilfsmuster (12, 13, 14, 15, 16, 17) in dem ersten lichtdurchlassenden Abschnitt ausgebildet ist und den zweiten lichtdurchlassenden Abschnitt nahezu umschließt.

3. Phasenverschiebungsmaske nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite lichtdurchlassende Abschnitt (20) ein nahezu viereckiges planes Muster aufweist, daß eine Mehrzahl der zweiten lichtdurchlassenden Abschnitte (20) auf dem Photomaskensubstrat (40) in einer Matrix ausgebildet ist, und daß das Hilfsmuster (30) nahe eines Schnittpunktes der Verlängerung der Diagonalen der zweiten lichtdurchlassenden Abschnitte (20) ausgebildet ist.

4. Phasenverschiebungsmaske nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Hilfsmuster (12, 13, 14, 15, 16, 17) einen lichtdurchlassenden Hilfsabschnitt mit einer kleineren Fläche zum Freilegen des Photomaskensubstrates als die Fläche des zweiten lichtdurchlassenden Abschnittes zum Freilegen des Photomaskensubstrates aufweist.

5. Phasenverschiebungsmaske nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Hilfsmuster (30) ein Lichtabschirmmuster aufweist, das eine Fläche, die kleiner als die Fläche des zweiten lichtdurchlassenden Abschnittes zum Freilegen des Photomaskensubstrates ist, aufweist.

6. Verfahren zur Herstellung einer Phasenverschiebungsmaske vom Dämpfungstyp mit den Schritten:
Ausbilden einer Phasenverschiebungsschicht (10) vom Dämpfungstyp auf einem Photomaskensubstrat (40) zur Steuerung der Durchlässigkeit und der Phase von hindurchtretendem Belichtungslicht, Ausbilden einer Resistschicht (70) für einen Elektronenstrahl auf der Phasenverschiebungsschicht (10) vom Dämpfungstyp,

Richten eines Elektronenstrahls auf die Elektronenstrahl-Resistschicht (70) und Zeichnen eines ersten Musters zur Ausbildung eines ersten lichtdurchlassenden Abschnittes (10), der aus dem ausgebildet ist, was von der Phasenverschiebungsschicht (10) vom Dämpfungstyp verbleibt, eines zweiten Musters zur Ausbildung eines zweiten lichtdurchlassenden Abschnittes (20), der das Photomaskensubstrat freilegt, und eines dritten Musters zur Ausbildung eines Hilfsmusters (30) in einem vorgeschriebenen Bereich des ersten lichtdurchlassenden Abschnittes nahe dem und um den zweiten lichtdurchlassenden Abschnitt zur Steuerung eines Betrages des Belichtungslichts auf einen dem vorgeschriebenen Bereich entsprechenden Abschnitt eines zu belichtenden Materials,

Entwickeln der Elektronenstrahl-Resistschicht (70),

und Mustern der Phasenverschiebungsschicht (10) vom Dämpfungstyp unter Verwendung der entwickelten Elektronenstrahl-Resistschicht (70) als Maske und Ausbilden des ersten lichtdurchlassenden Abschnittes (10), der aus der Phasenverschiebungsschicht (10) vom Dämpfungstyp ausgebildet ist, des zweiten lichtdurchlassenden Abschnittes (20), der das Photomaskensubstrat freilegt, und des Hilfsmusters (30).

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Zeichnens des zweiten und des dritten Musters den Schritt des Richtens von mehr Elektronenstrahlen auf das zweite Muster als auf das dritte Muster aufweist.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Zeichnens des dritten Musters einen Schritt des Richtens eines Elektronenstrahls auf eine größere Fläche, als die die durch Entwurf zum Richten beabsichtigt ist, aufweist.

Hierzu 25 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG. 1

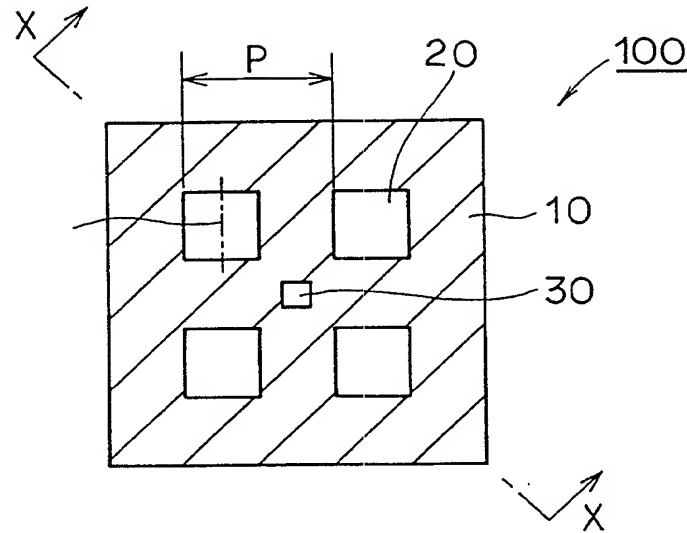


FIG. 2

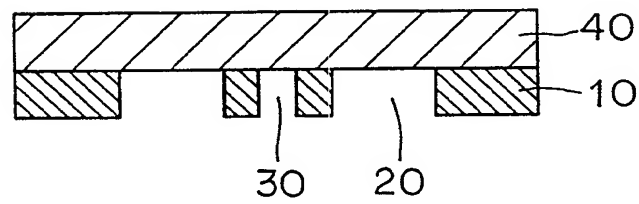


FIG.3

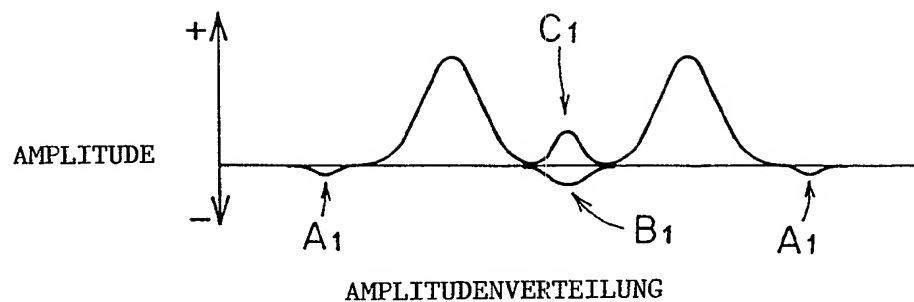


FIG.4

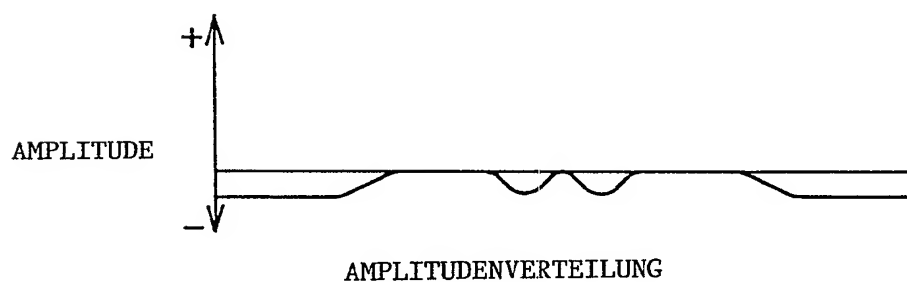


FIG.5

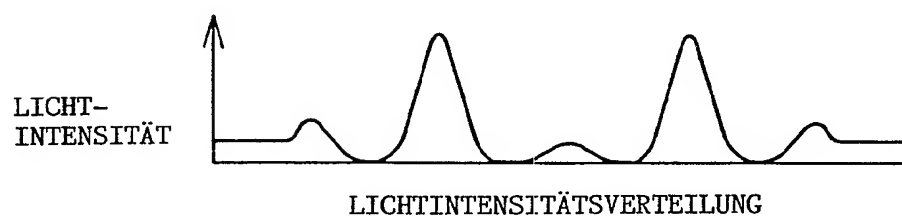


FIG.6

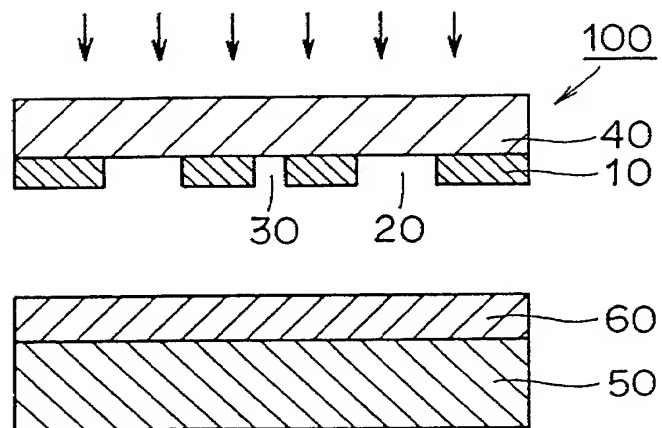


FIG.7

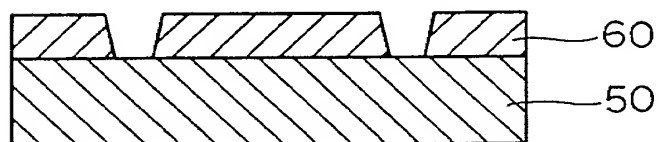


FIG.8

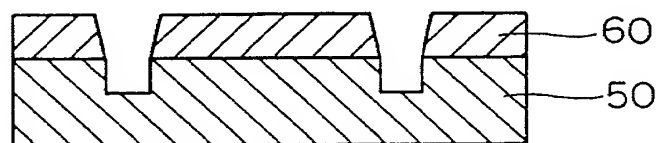


FIG.9

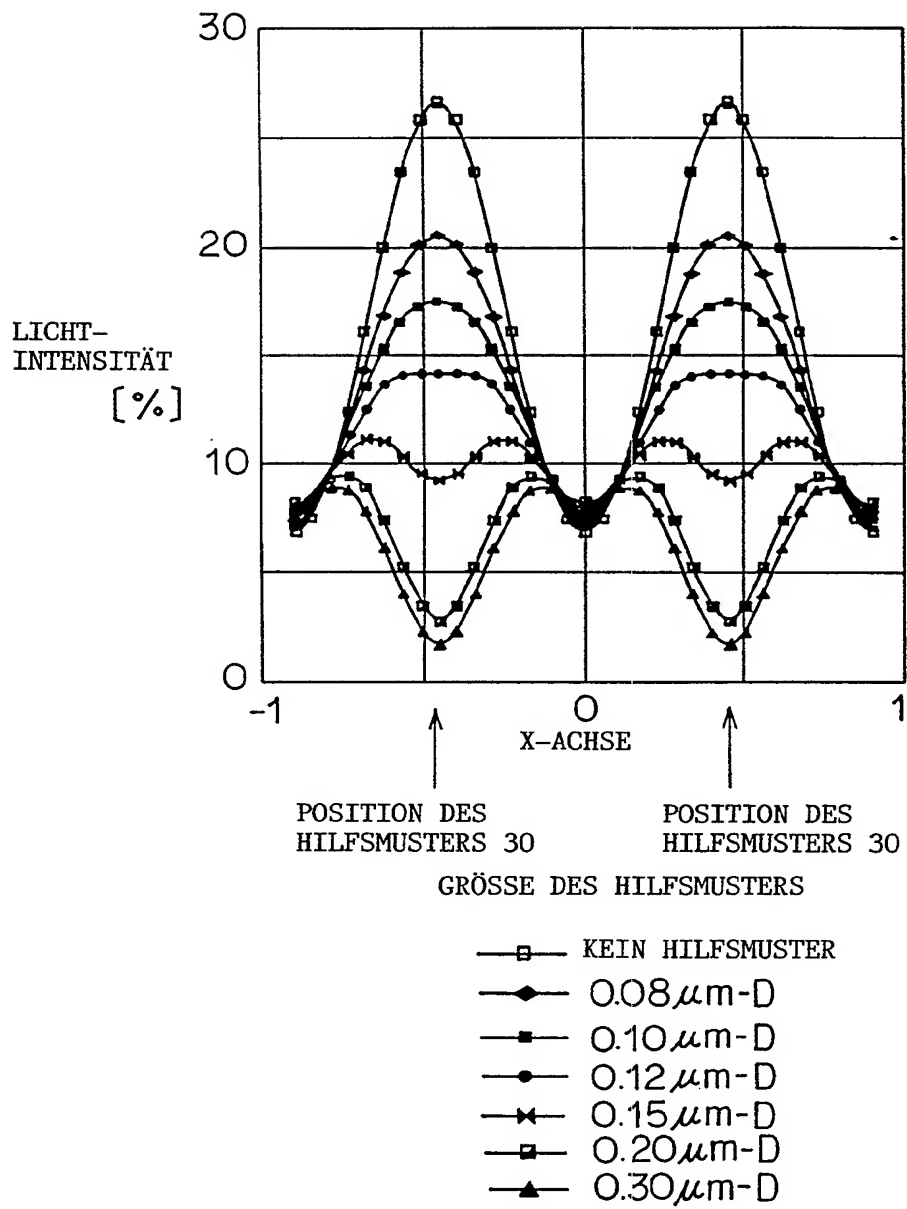


FIG.10

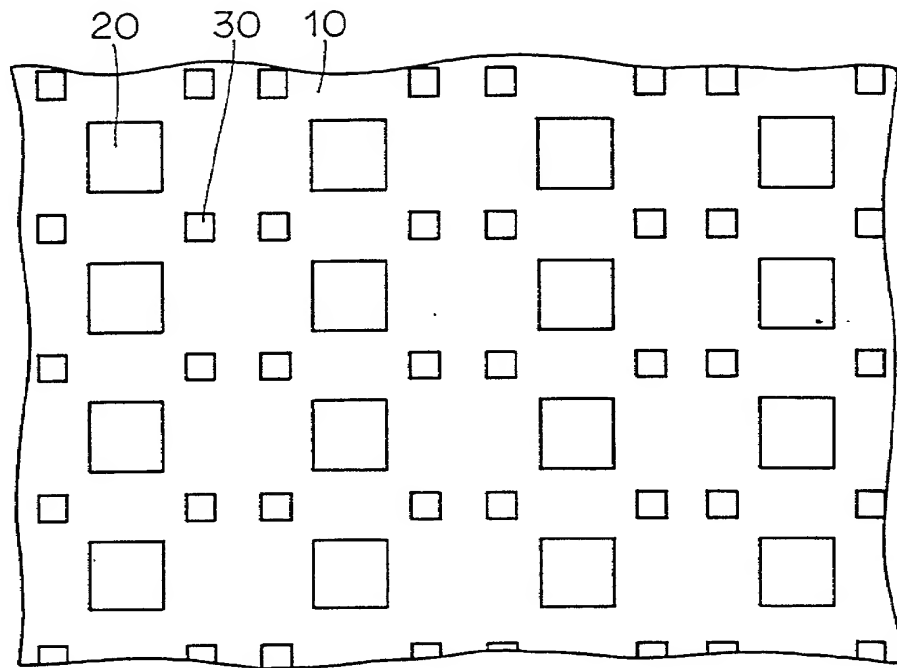


FIG.11

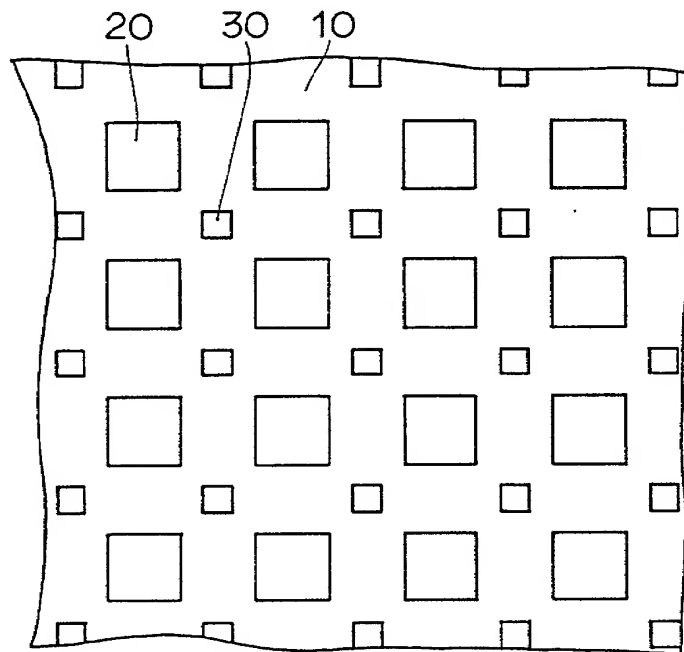


FIG.12

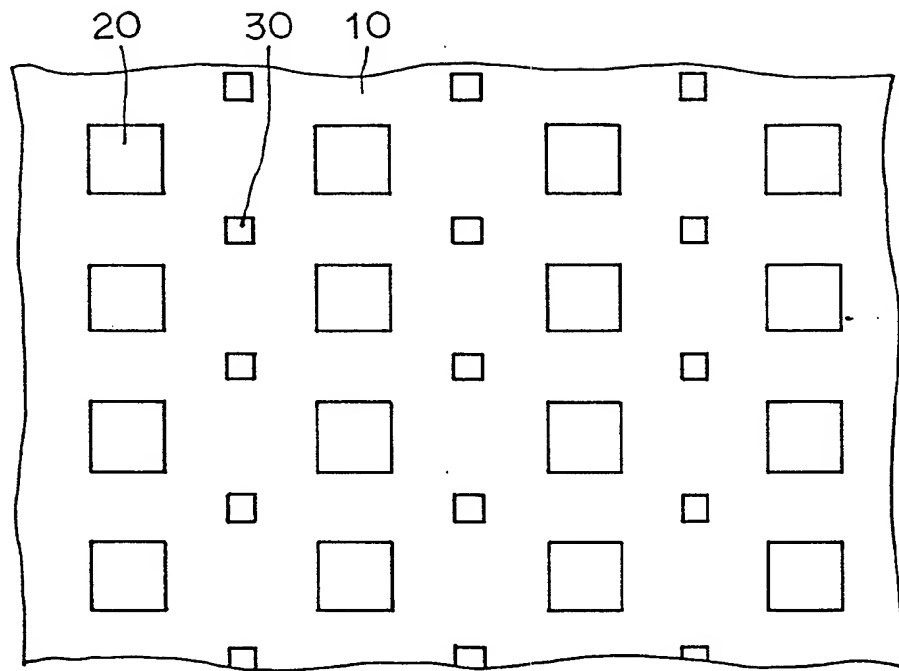


FIG.13

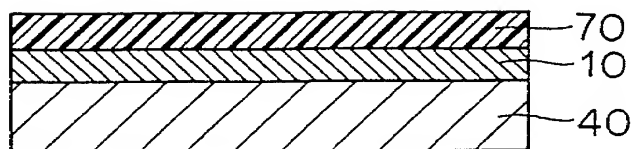


FIG.14

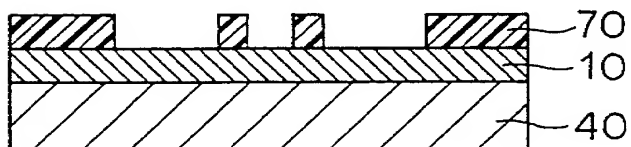


FIG.15

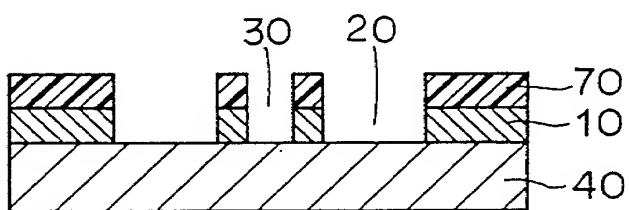


FIG.16

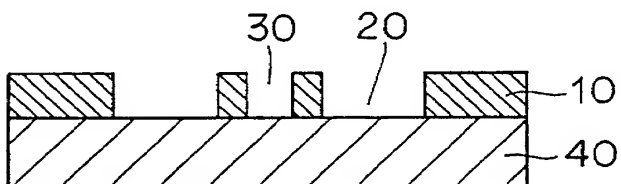


FIG.17

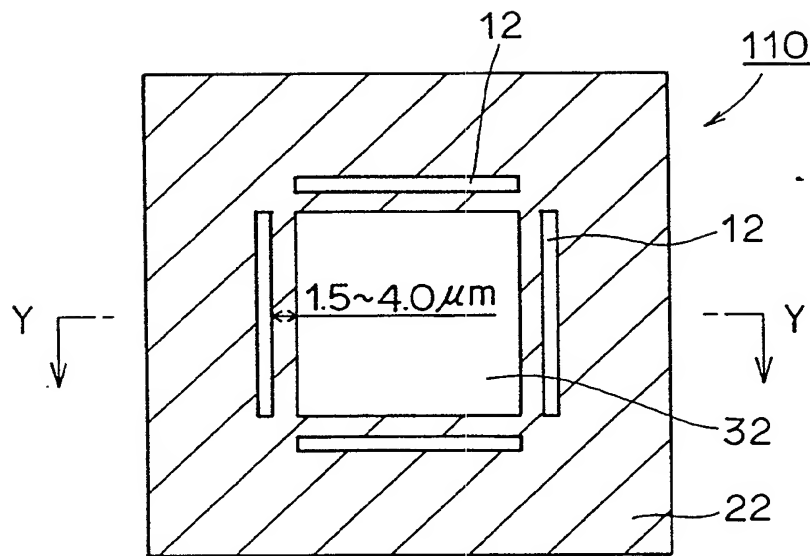


FIG.18

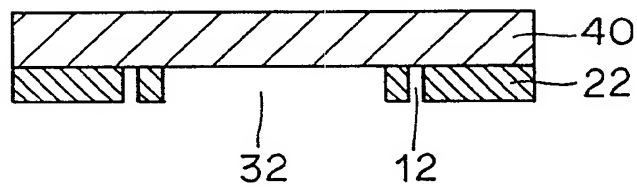


FIG.19

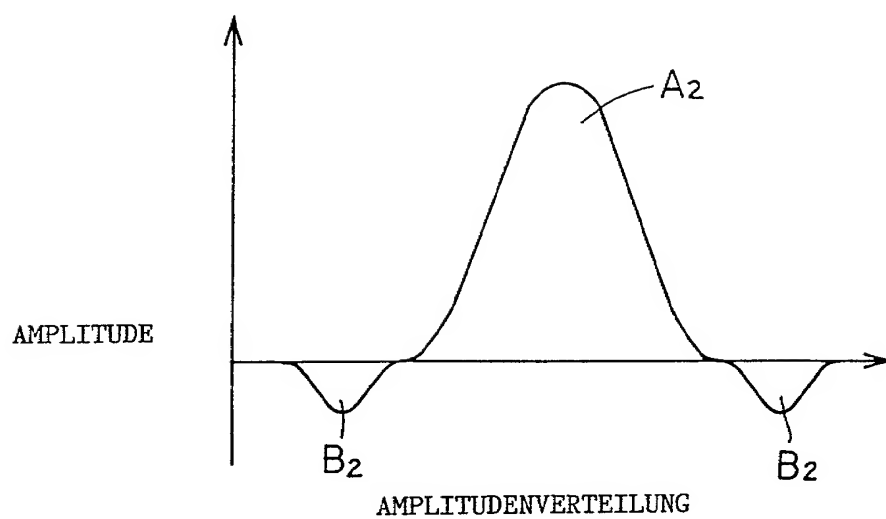


FIG.20

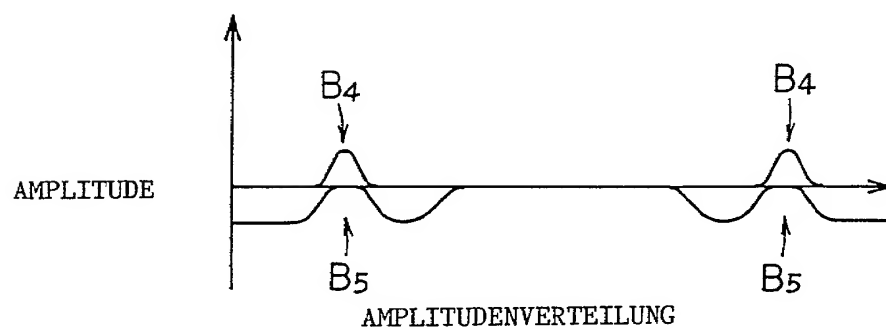


FIG.21

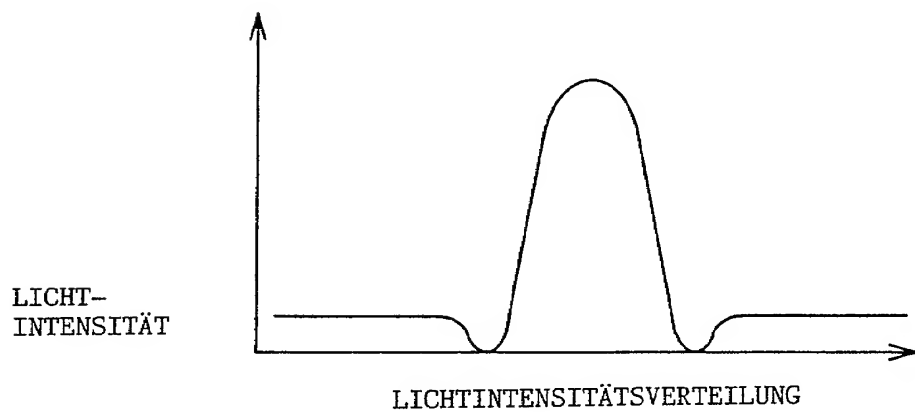


FIG.22

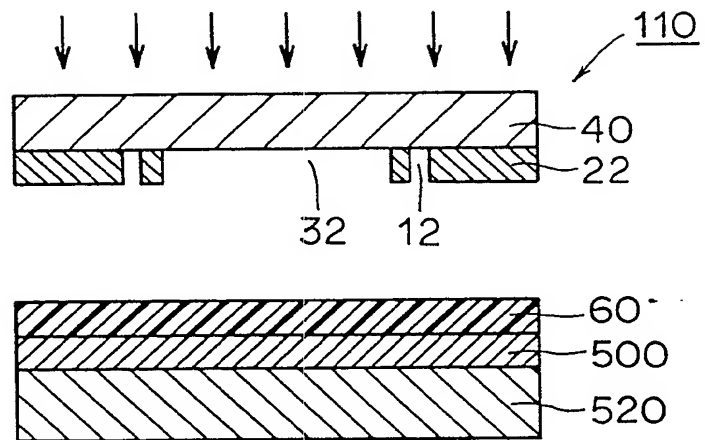


FIG.23

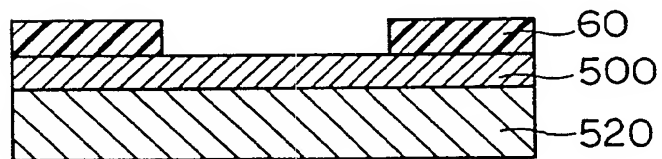


FIG.24

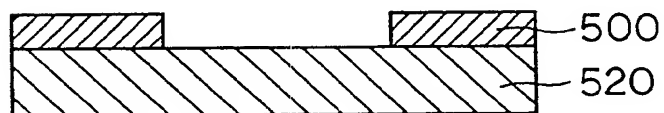


FIG.25

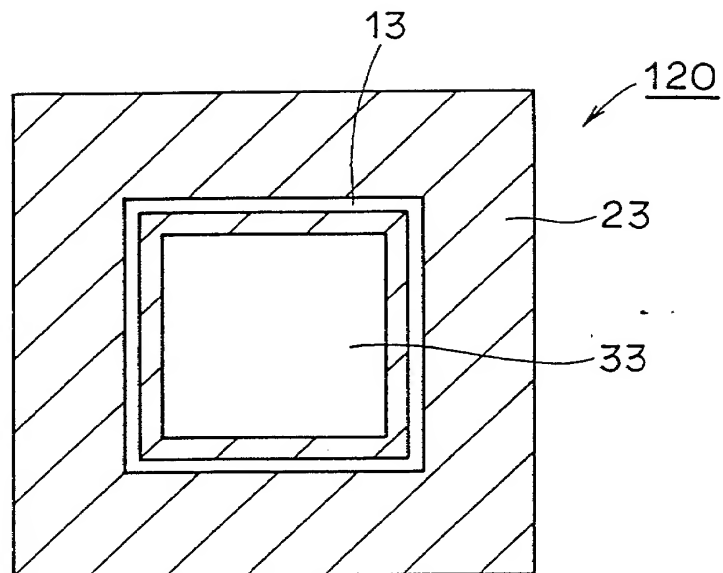


FIG.26

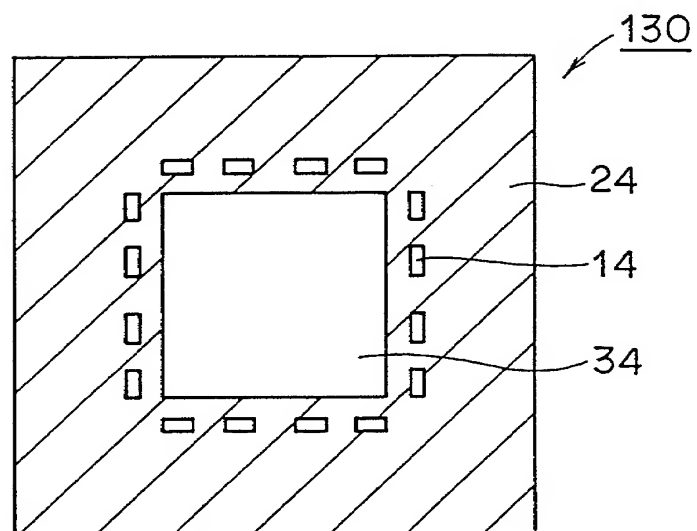


FIG.27

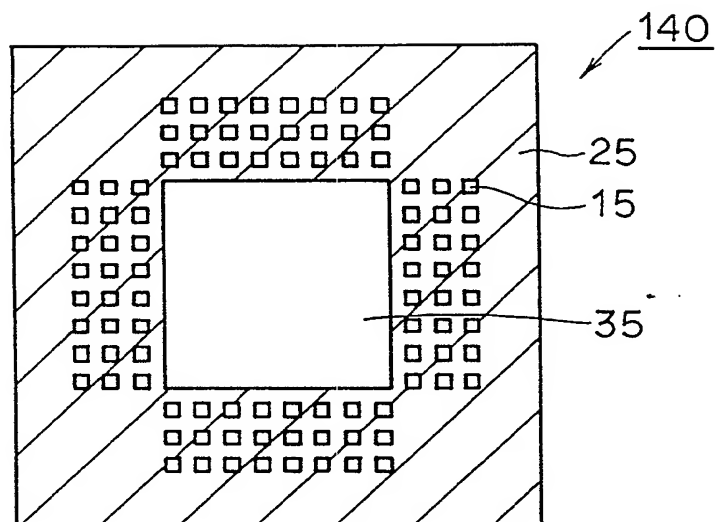


FIG.28

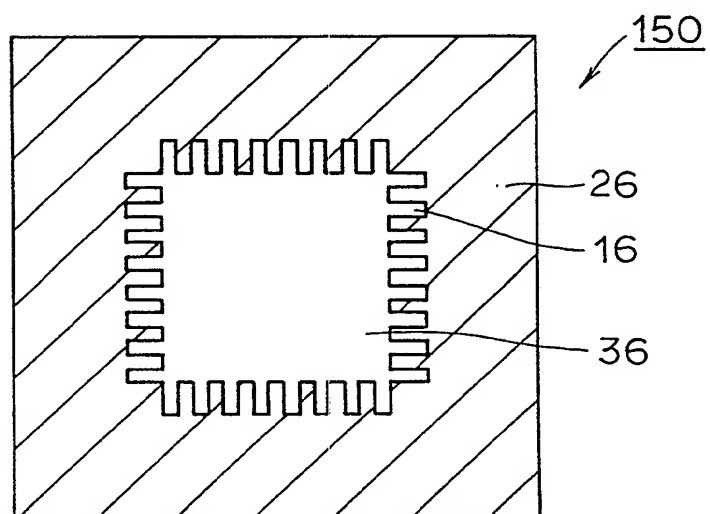


FIG.29

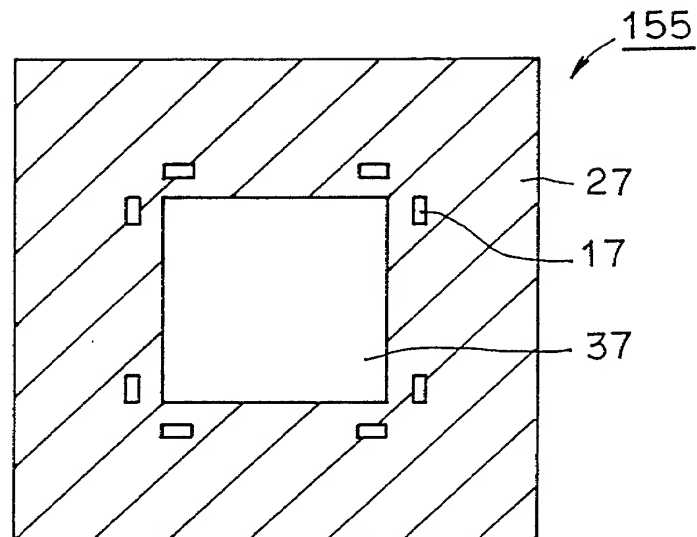


FIG.30

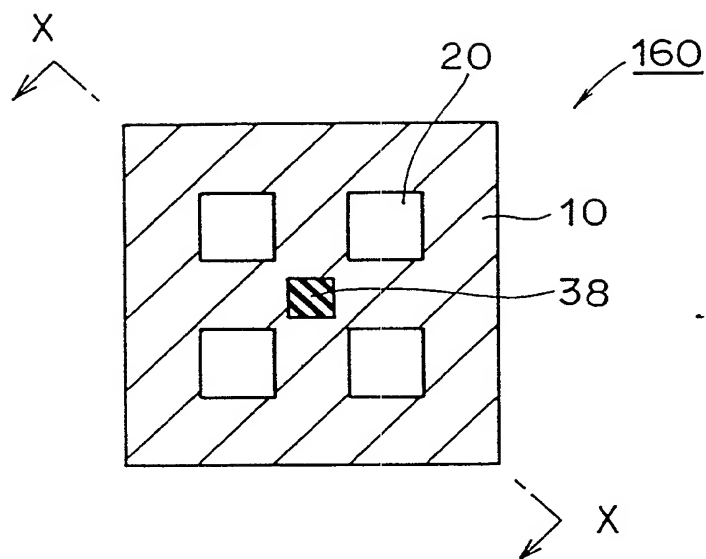
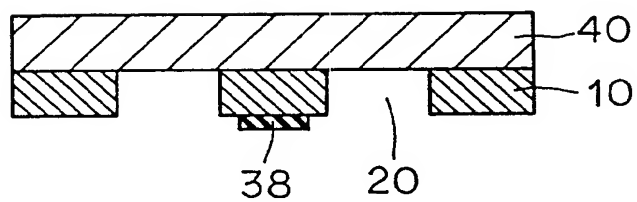
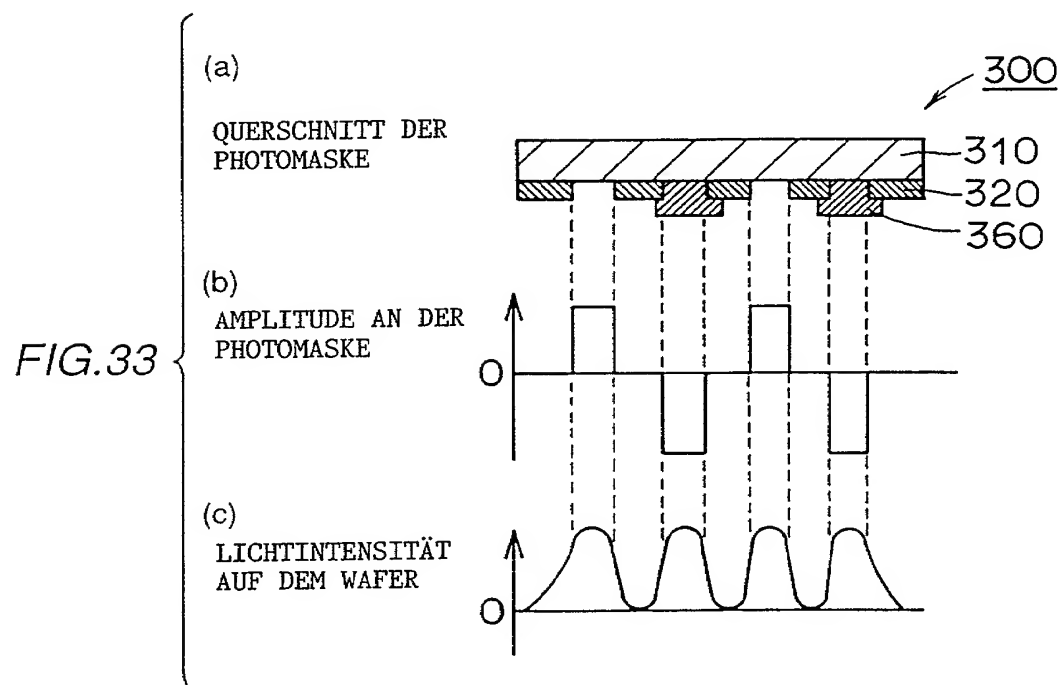
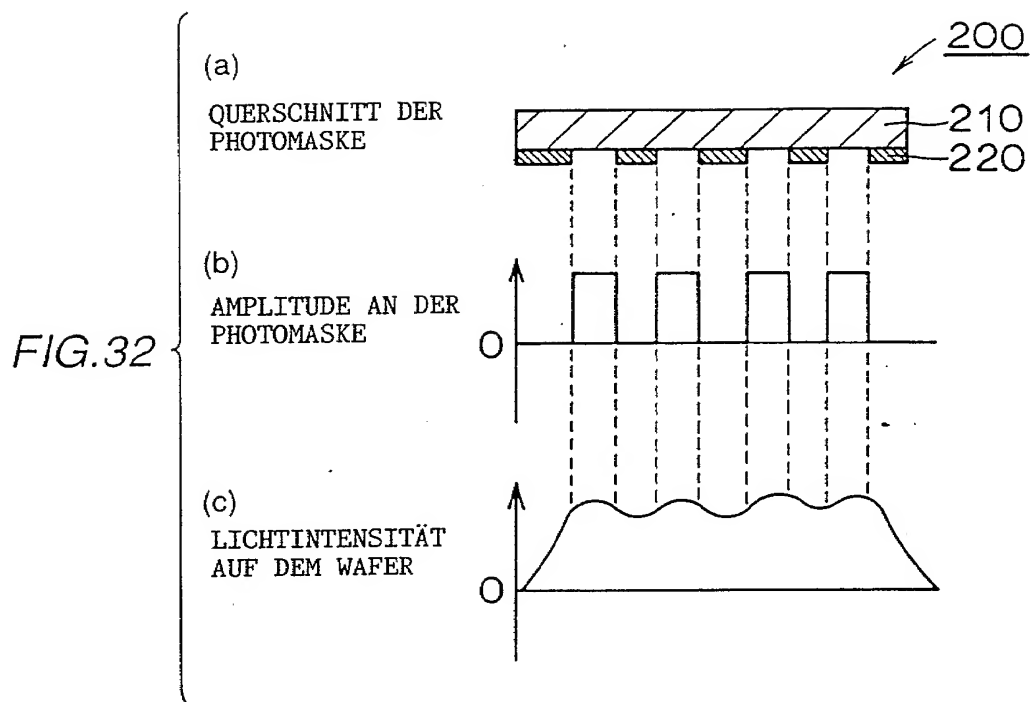


FIG.31





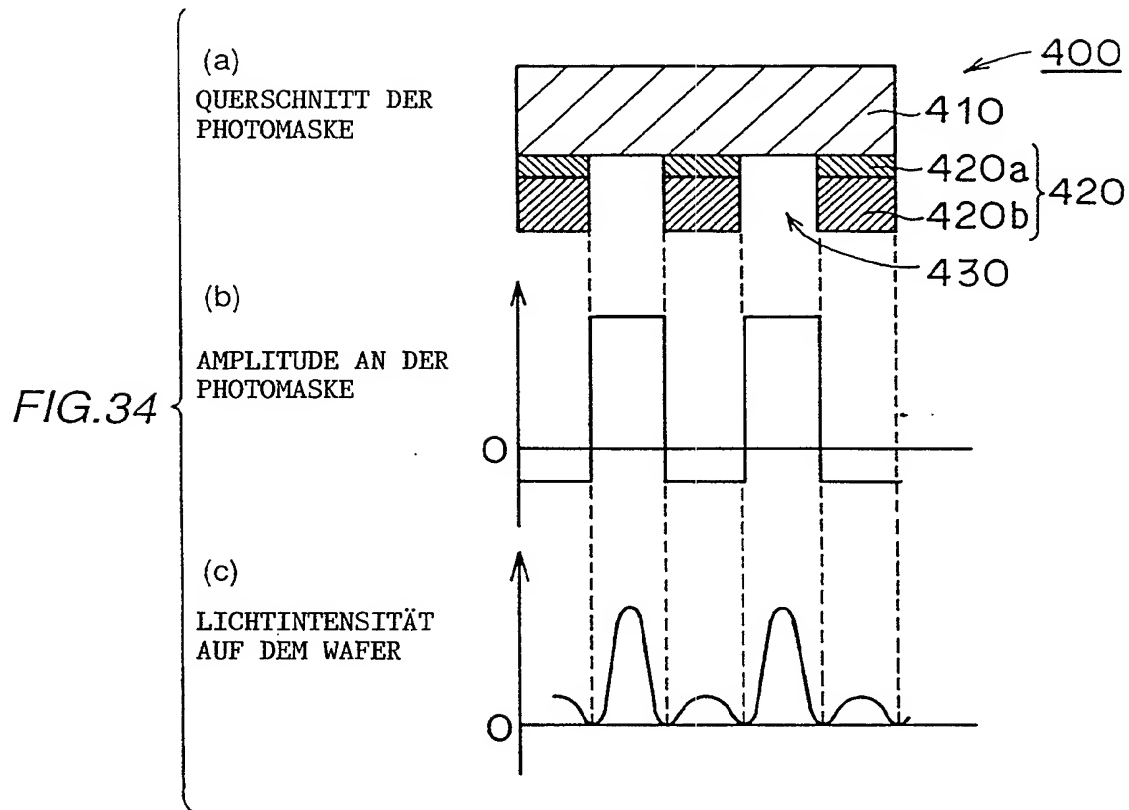


FIG.35

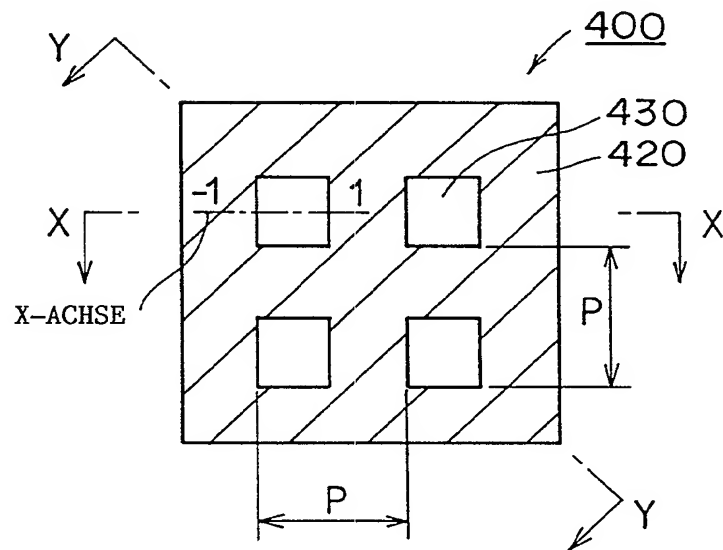


FIG.36

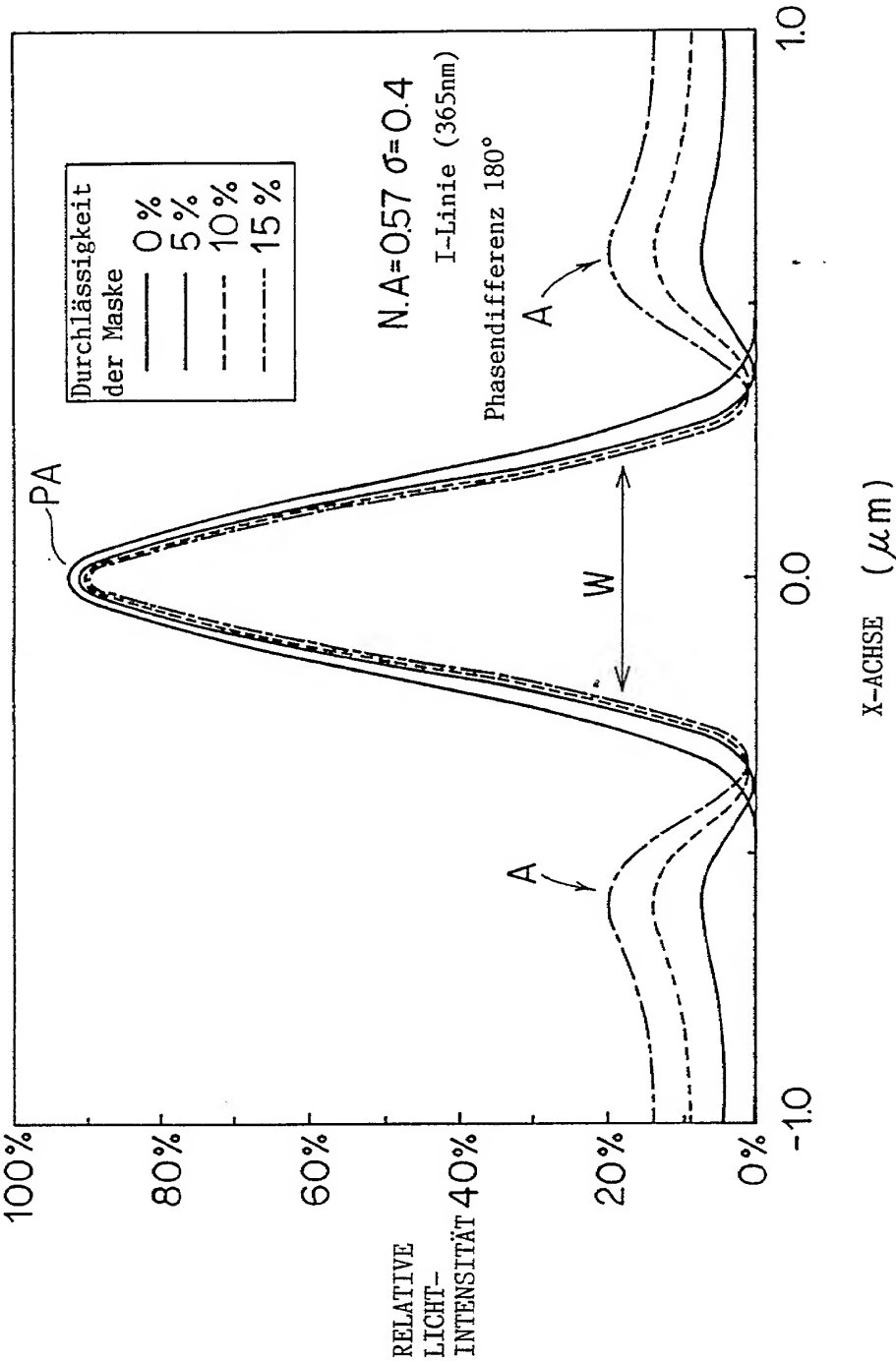


FIG.37

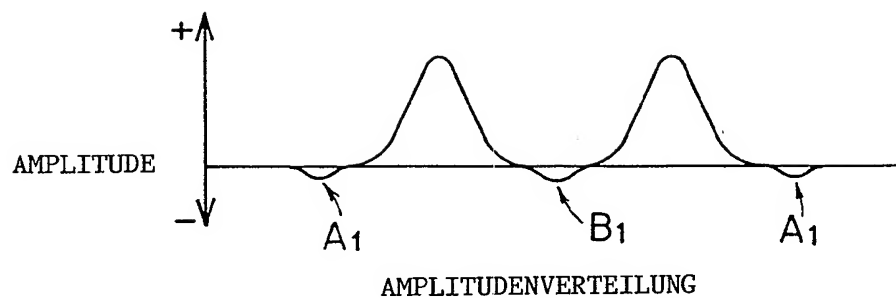


FIG.38

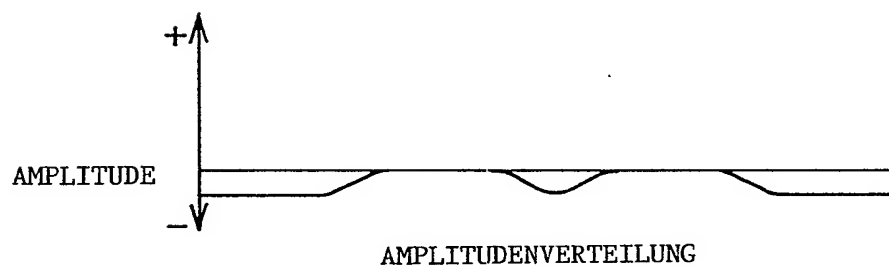


FIG.39

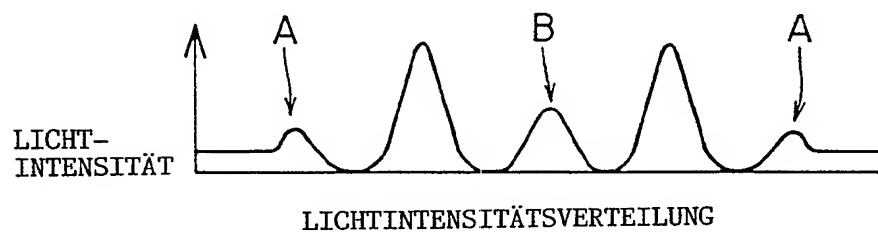


FIG.40

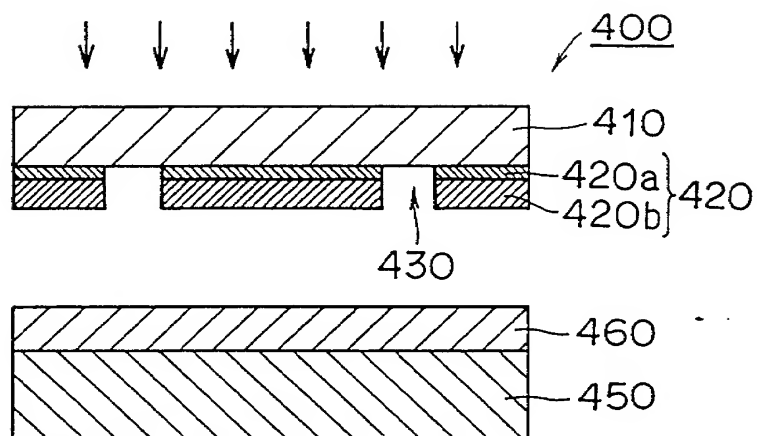


FIG.41

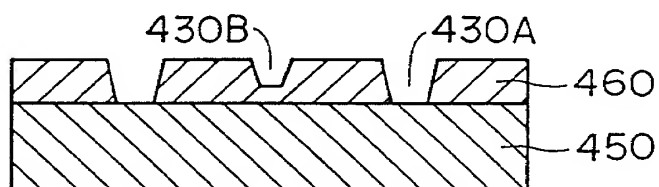


FIG.42

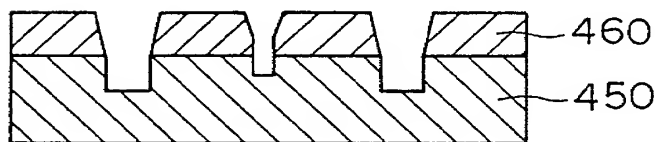


FIG.43

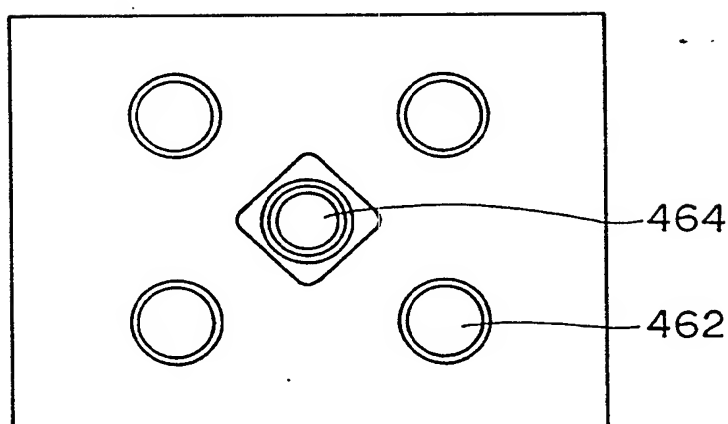


FIG.44

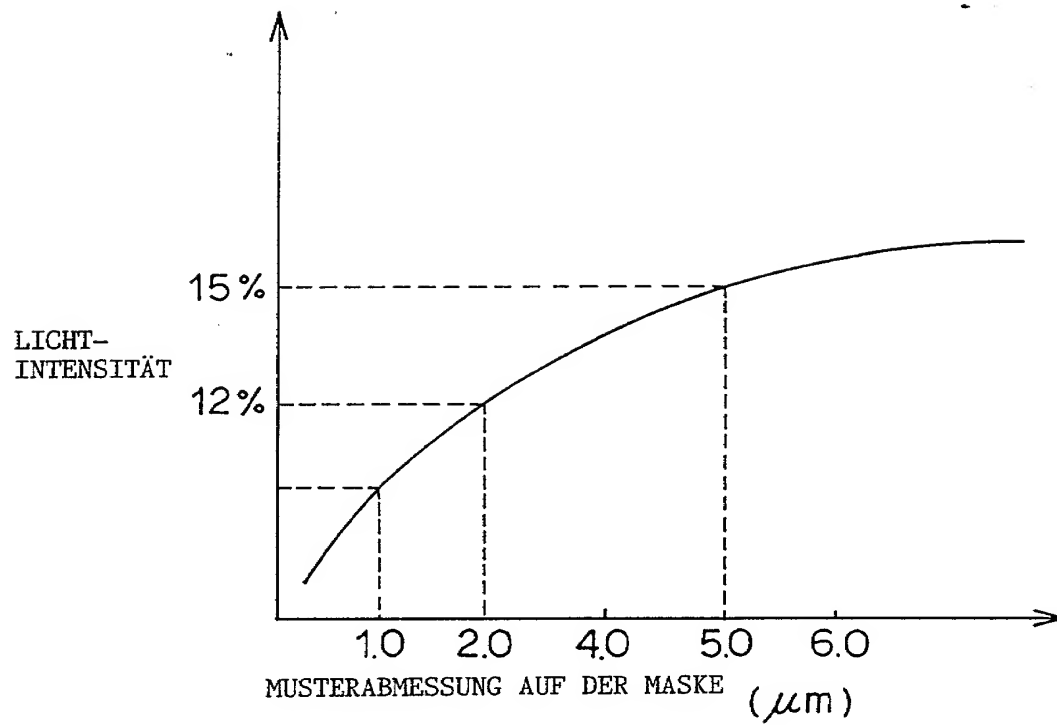


FIG.45

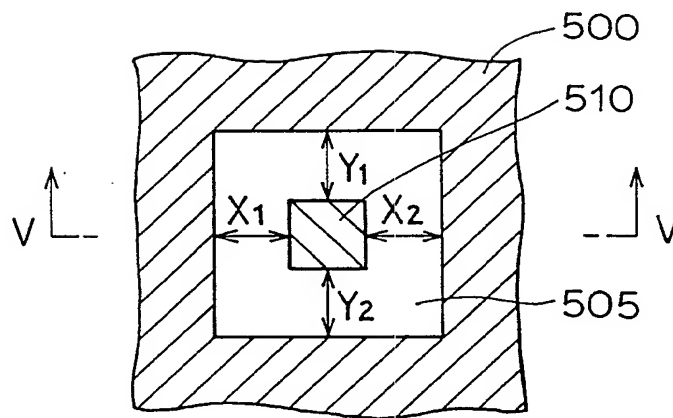


FIG.46

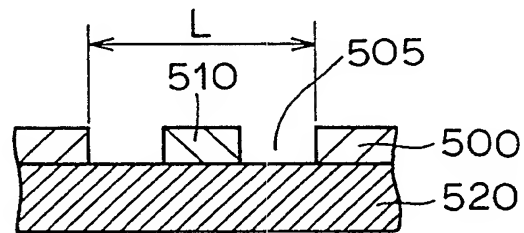


FIG.47

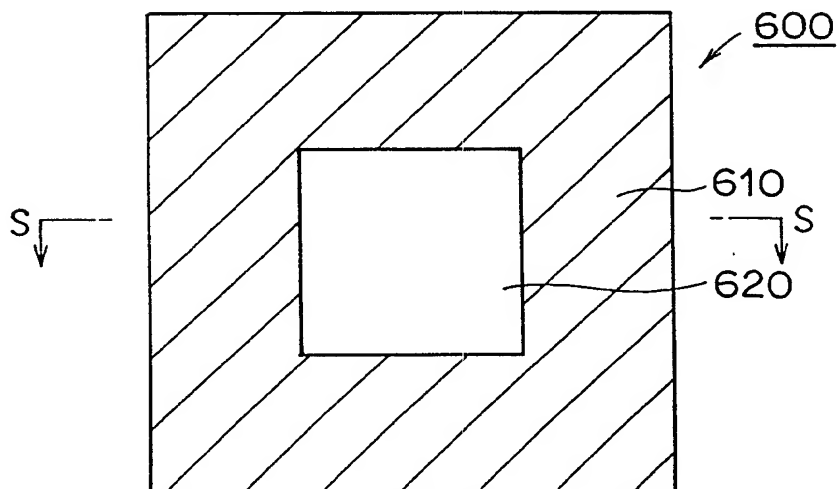


FIG.48

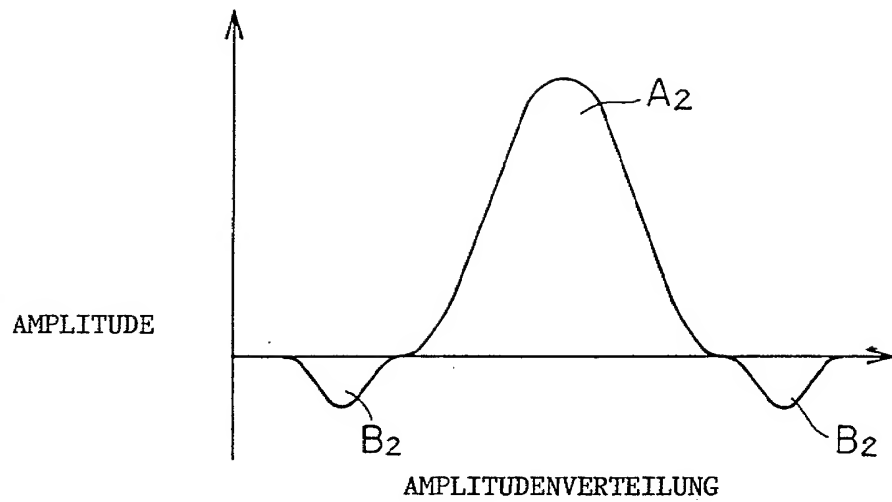


FIG.49

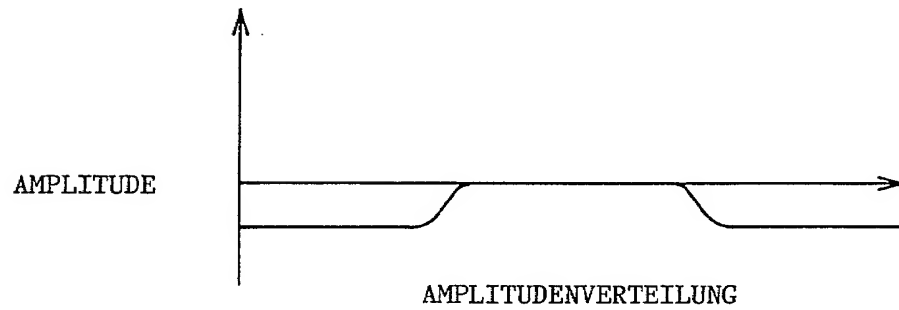


FIG.50

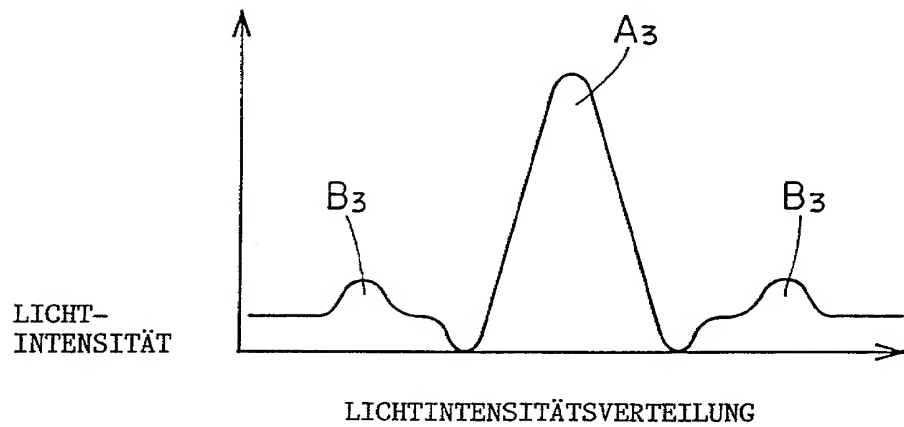


FIG.51

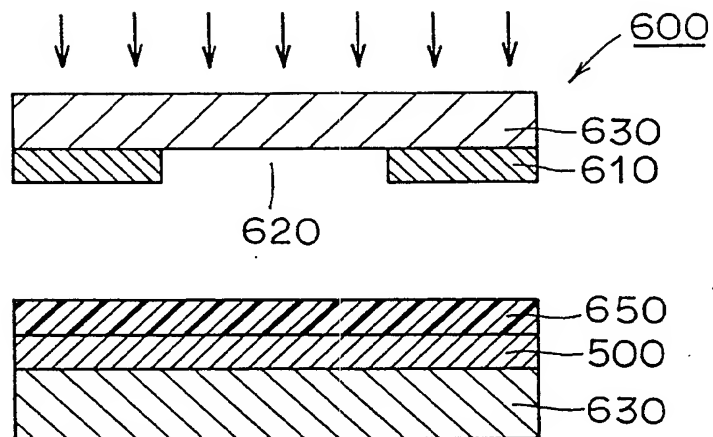


FIG.52

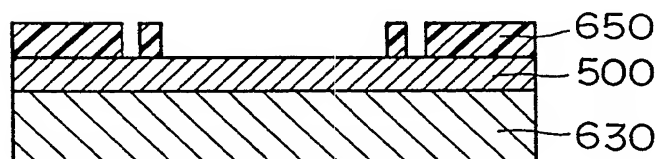


FIG.53

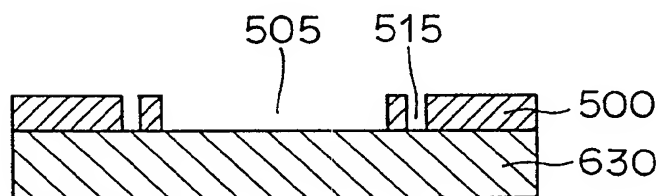


FIG.54

